издательство НАУКА и ТЕХНИКА Санкт-Петербург

представляет серию книг

«Интерактивный справочник»

Книги серии «**Интерактивный справочник**» дополняют друг друга. По тексту стоят QR-коды, предназначенные для мгновенного перехода к необходимым ресурсам (видео, справочной информации, калькуляторам), иллюстрирующим рассматриваемый материал. Приложения содержат большие путеводители с QR-кодами для современного электрика.

Подробную информацию о книгах смотрите на сайте издательства www.nit.com.ru

«ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА и ТЕХНИКА»
г. Санкт-Петербург
Для заказа книг: (812) 412-70-26
e-mail: nitmail@nit.com.ru

ISBN 978-5-907592-25-4
9 785907 592254

СПРАВОЧНИК ПО РЕМОНТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ с онлайн ресурсами через QR-коды

Штерн М.И.

с онлайн ресурсами
через QR-коды

СПРАВОЧНИК

ПО РЕМОНТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

nit.com.ru

Интерактивный справочник

Штерн М.И.

СПРАВОЧНИК ПО РЕМОНТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

С ОНЛАЙН РЕСУРСАМИ ЧЕРЕЗ QR-КОДЫ

Серия
«ИНТЕРАКТИВНЫЙ СПРАВОЧНИК»

НиТ
издательство

Издательство Наука и Техника,
Санкт-Петербург

УДК 621.314:621.311.6
ББК 32.816

Штерн М.И.

СПРАВОЧНИК ПО РЕМОНТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ с онлайн ресурсами через QR-коды. – СПб.: Издательство Наука и Техника, 2024. – 560 с., илл.

Серия «Интерактивный справочник»

ISBN 978-5-907592-25-4

Книга продолжает ряд интерактивных справочников для профессиональных электриков и мастеров-ремонтников. Рассматривается как элементная база для ремонта электрооборудования, так и непосредственно ремонт электрических машин, трансформаторов, автономных электрогенераторов, насосов, коммутационной техники, кондиционеров, альтернативных источников питания, электрогенераторов, насосов и многого другого.

Работа с новинками требует новой информации, новых знаний, нового подхода в справочной литературе. В интерактивном справочнике сделан упор на рассмотрение информации для современного электрика. По тексту книги размещены QR-коды, предназначенные для мгновенного перехода к необходимым ресурсам (видео, справочной информации, калькуляторам), иллюстрирующих рассматриваемый материал.

В необходимых случаях приводится ссылки на Интернет-ресурсы по соответствующей теме. Из приведенных сайтов можно почерпнуть дополнительные сведения по ремонту устройств, которые из соображений оптимизации объема справочника не были рассмотрены. По указанным адресам можно также определиться с приобретением соответствующей продукции, запасных частей.

Справочник предназначен для широкого круга читателей. Он будет полезен как домашним мастерам, так и инженерам, конструкторам, профессиональным электрикам, проводящим ремонт электротехники.

9 785907 592254

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и любыми средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав. Издательство не несет ответственности за доступность материалов, ссылки на которые вы можете найти в этой книге. На момент подготовки книги к изданию все ссылки на интернет-ресурсы были действующими.

Контактный телефон издательства
(812) 412-70-26
Официальный сайт: www.nit.com.ru

12+

© Штерн М.И., 2024
© Наука и Техника (оригинал-макет), 2024

ООО «Издательство Наука и Техника».
192029 г. Санкт-Петербург,
пр. Обуховской обороны, д. 107, лит. Б, пом. 1-Н
Подписано в печать 13.09.2023 г. Формат 70×100 1/16.
Бумага газетная. Печать офсетная. Объем 35 п. л.
Тираж 1500 экз. Заказ № 8171

Отпечатано с готовых файлов заказчика
в АО «Первая Образцовая типография»,
филиал «УЛЬЯНОВСКИЙ ДОМ ПЕЧАТИ»
432980, Россия, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

СОДЕРЖАНИЕ

Онлайн видео, информация и калькуляторы по QR-коду 14

ЧАСТЬ 1. ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ . . . 15

Глава 1. Методика поиска неисправностей электрооборудования 16

Наиболее часто встречающиеся неисправности 16
Основные причины неисправности элементов 16
Признаки исправной работы электрооборудования. 17
Основные этапы поиска неисправностей 18
Внешний осмотр объекта ремонта 20
Проверка выявленного элемента с изъянами. 20
Анализ причин возникновения обнаруженных неисправностей 21

Глава 2. Электроизоляционные материалы, применяемые при ремонте электрооборудования 22

Основные параметры. 22
Параметры электроизоляционных материалов 23
Полиэтиленовая изоляция. 24

Глава 3. Металлы, применяемые при ремонте электрооборудования 28

Черные и цветные металлы 28
Сплавы, используемые в магнитопроводах. 30

Глава 4. Проводниковые материалы, применяемые при ремонте электрооборудования 31

Общие сведения 31
Медь. 32
Латуни 33
Проводниковые бронзы 34
Алюминий. 35
Сравнение характеристик проводниковых материалов. 36
Сплавы для катушек сопротивлений и измерительных приборов. 38
Жаростойкие сплавы для нагревательных приборов 39
Контактные материалы 43
Токопроводящие жилы. 46

Глава 5. Провода, применяемые при ремонте электрооборудования. 50

Обмоточные провода. 50
Провода высокого сопротивления 55
Монтажные провода. 56
Установочные и силовые провода. 58
Соединительные шнуры. 62

Глава 6. Припои и флюсы, применяемые при ремонте электрооборудования 63

Назначение и классификация припоев 63
Состав мягких и полутвердых припоев 64

Свойства мягких и полутвердых припоев ... 65
Применение мягких и полутвердых припоев ... 66
Свойства мягких припоев с низкой температурой плавления ... 67

Глава 7. Силовые диоды, используемые при ремонте электрооборудования ... 68

Глава 8. Силовые транзисторы, используемые при ремонте электрооборудования ... 70

Глава 9. Силовые тиристоры и симисторы, используемые при ремонте электрооборудования ... 74

Тиристоры лавинные ... 74
Тиристоры быстродействующие ... 76
Симметричные триодные тиристоры — симисторы ... 76

Глава 10. Меры электробезопасности при ремонте электрооборудования 79

Действие электрического тока на человека ... 79
Первая помощь постадавшему от удара электрическим током ... 80
Варианты оказания помощи пострадавшему ... 82

Глава 11. Знаки безопасности ... 83

Когда используются знаки и плакаты безопасности ... 83
Запрещающие плакаты ... 83
Предупреждающие плакаты ... 85

Глава 12. Заземление, зануление, уравнивание потенциалов ... 86

Помехи в электросети ... 86
Защита от электромагнитного излучения ... 87
Виды систем заземления ... 87
Обозначения системы заземления ... 89
Системы заземления, применяющиеся в России ... 90
Зануление ... 91
Система уравнивания потенциалов ... 93
Меры пожарной безопасности ... 95

Глава 13. Средства индивидуальной защиты ... 98

Переносные заземления ... 98
Штанги оперативные ШЗП-110 ... 99
Дополнительное защитное оборудование ... 99

Глава 14. Инструменты, применяемые при ремонте электрооборудования ... 100

Ручной инструмент электрика и расходные материалы ... 100
Труборезы и трубогибы ... 102
Поршневой монтажный пистолет ПЦ-84 ... 104
Переносной электроинструмент ... 104
Основные электрические величины ... 106

Глава 15. Электроизмерительные приборы, применяемые при ремонте электрооборудования ... 106

Виды средств электротехнических измерений ... 106
Разновидности измерительных приборов ... 107

Рекомендации по использованию электроизмерительных приборов.... 108
Цифровые электроизмерительные приборы 109
Измерение сопротивления изоляции электрооборудования
с помощью мегаомметра..... 110
Измерительный мультиметр 113
Указатели напряжения..... 116
Индикаторная отвертка 116
Двухполюсные указатели 118
Электроизмерительные клещи..... 119

ЧАСТЬ 2. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН 121

Глава 16. Принцип действия асинхронных машин переменного тока..... 122

Обратимость электрических машин: двигатель/генератор 122
Принцип действия электрических машин 123
Номинальная мощность двигателя 124
Механические характеристики и пусковые свойства двигателя 125
Рабочие характеристики электродвигателей 126
Элементы асинхронного двигателя..... 127
Устройство асинхронного двигателя..... 129
Однофазные асинхронные двигатели 132
Пуск в ход асинхронных двигателей 134
Регулирование частоты вращения
трехфазных асинхронных двигателей 136
Асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми свойствами 138

Глава 17. Принцип действия синхронных машин переменного тока..... 140

Принцип действия синхронного генератора..... 140
Устройство синхронного генератора 141
Работа синхронного генератора под нагрузкой..... 144
Схожесть конструкции синхронных двигателей и генераторов 148
Достоинство синхронных двигателей..... 149
Пуск синхронных двигателей..... 149

Глава 18. Принцип действия электрических машин постоянного тока 151

Устройство машины постоянного тока 151
Обмотки якорей машины постоянного тока 154
Магнитное поле машины постоянного тока при нагрузке 155
Переключение секции из одной ветви обмотки в другую..... 156
Простейший генератор постоянного тока 159
Работа машины постоянного тока в режиме генератора 160
Генераторы постоянного тока с магнитным
и электромагнитным возбуждением..... 162
Характеристики генераторов постоянного тока..... 164
Работа машины постоянного тока в режиме двигателя 166
Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока..... 168

Глава 19. Включение электродвигателей в сеть 170

Подключение электродвигателя по схеме ЗВЕЗДА..... 170
Подключение электродвигателя по схеме ТРЕУГОЛЬНИК..... 171

Глава 20. Организация и планирование ремонтных работ электродвигателей ... 173
Эксплуатационные документы ... 173
Виды ремонта электродвигателей ... 174
Формы организации ремонта электродвигателей ... 174
Ремонтный цикл электродвигателей ... 175

Глава 21. Виды неисправностей электродвигателей ... 177
Наиболее распространенные неисправности ... 177
Устранение типовых неисправностей электродвигателей ... 178
Сводная таблица неисправностей электродвигателей ... 186
Температурный режим трехфазных асинхронных двигателей ... 190
Допустимые значения воздушного зазора электродвигателей ... 191

Глава 22. Влияние токовых перегрузок на срок службы двигателей ... 194
Анализ повреждений двигателей ... 194
Перегрузки электродвигателя технологического происхождения ... 195
Аварийные перегрузки электродвигателя ... 195
Перегрузки при длительном режиме работы с постоянной нагрузкой ... 195
Перегрузки при переменном длительном режиме работы ... 197

Глава 23. Устранение вибрации электродвигателей ... 198
Причины возникновения вибрации ... 198
Технические характеристики виброметров ... 199
Методика поиска внешних причин вибрации ... 200
Методика поиска внутренних причин вибрации ... 201

Глава 24. Контроль нагрева электродвигателей в процессе эксплуатации ... 203
Допустимые температуры нагрева электрических двигателей ... 203
Контроль нагрева двигателя по методу термометра ... 204
Контроль нагрева двигателя термометром с указателем манометрического типа ... 204
Контроль нагрева двигателя с помощью термометров сопротивления ... 205
Контроль нагрева двигателя по методу термопары ... 206
Контроль нагрева двигателя по методу инфракрасного излучения ... 206
Определение температуры обмоток по их сопротивлению постоянному току ... 207
Метод амперметра-вольтметра ... 207

Глава 25. Ремонт обмоток электрических машин переменного тока ... 209
Методы определения места повреждения изоляции обмотки ... 209
Признаки замыкания в обмотках ... 210
Определение дефектной фазы ... 211
Диагностика обмоток ... 213
Метод последовательного деления на части ... 213
Ремонт обмотки с удалением из схемы поврежденных катушек ... 214
Измерение сопротивления обмоток электродвигателей по постоянному току ... 216

Глава 26. Предремонтные испытания электрических машин ... 218
Организация предремонтных испытаний ... 218
Нормативы испытательного напряжения ... 219

Испытания межвитковой изоляции обмотки ... 220
Общие требования ... 222

Глава 27. Разборка электрических машин ... 222

Порядок разборки электродвигателя ... 222
Снятие деталей, посаженных на вал ... 224
Снятие шкивов, шестерен или полумуфт ... 225
Разборка асинхронных двигателей мощностью до 100 кВт ... 226
Общая разборка электрических машин постоянного тока серии П ... 230
Применение гидравлических съемников ... 231
Выпрессовка вала ... 232
Разборка двигателей на крупных электроремонтных предприятиях ... 233
Способы разрушения изоляции ... 235
Извлечение обмотки ... 236
Разборка якоря машины постоянного тока ... 237
Ремонт катушки ... 238
Порядок сборки электродвигателя ... 238
Корректное использование электродвигателей ... 240

Глава 28. Ремонт коллекторов, щеткодержателей и контактных колец ... 246

Основные неисправности коллектора ... 246
Ремонт коллектора ... 246
Щеточный аппарат электрической машины ... 249
Типовые неисправности щеткодержателей ... 250

Глава 29. Ремонт обмоток электрических машин ... 253

Общие сведения ... 253
Пазы в роторах асинхронных двигателей ... 253
Корпусная изоляция ... 254
Провода для обмоток электрических машин ... 256
Структура обмоток электрических машин ... 256
Схемы обмоток ... 258
Роторы асинхронных двигателей ... 259
Подготовка обмоток к ремонту ... 262
Ремонт обмоток статоров ... 263
Ремонт обмоток роторов ... 267
Ремонт обмоток якорей ... 269
Ремонт катушек полюсов ... 270

Глава 30. Ремонт сердечников, валов и вентиляторов ... 272

Основные неисправности сердечников ... 272
Основные неисправности валов ... 273
Основные неисправности вентиляторов ... 274

Глава 31. Ремонт станин, подшипниковых щитов и подшипников ... 275

Основные неисправности станин ... 275
Основные неисправности подшипников ... 276
Замена изношенных подшипников новыми ... 277
Посадка подшипников с нагревом в масляной ванне ... 277
Метод индукционного нагревания подшипников ... 279
Насадка подшипников на вал ... 280
Устройство подшипников скольжения ... 281
Ремонт подшипников скольжения ... 282

Глава 32. Сборка электрических машин 285
Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором 285
Сборка машины постоянного тока 287
Глава 33. Сушка и пропитка обмоток электродвигателей 289
Предварительная сушка и пропитка обмоток 289
Сушка обмоток после пропитки 290
Глава 34. Испытания электрических машин 292
Контрольные испытания асинхронных двигателей 292
Контрольные испытания машин постоянного тока 293
ЧАСТЬ 3. РЕМОНТ ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ . . . 295
Глава 35. Устройство и прицип действия трансформатора 296
Назначение трансформатора 296
Классификация трансформаторов 297
Устройство трансформатора 297
Группы соединения обмоток 299
Измерительные трансформаторы 302
Сварочные трансформаторы 302
Глава 36. Ремонт трансформаторов и автотрансформаторов 305
Типовые неисправности трансформаторов 305
Средний ремонт сухих трансформаторов 306
Капитальный ремонт сухих трансформаторов 307
Очистка и сушка трансформаторного масла 307
Действия перед началом ремонта 308
Разборка и дефектовка трансформаторов 309
Ремонт бака и крышки 311
Ремонт вспомогательных элементов 311
Ремонт вводов 312
Ремонт швов 312
Ремонт и изготовление обмоток 314
Ремонт обмоток 315
Ремонт магнитопроводов 316
Ремонт отводов 316
Глава 37. Ремонт переключающих устройств трансформаторов 318
Назначение и строение переключающих устройств 318
Неисправности в контактной системе 319
Разновидности переключающих устройств 319
Принципиальная схема переключающих устройств 321
Ремонт переключающего устройства ПБВ 322
Ремонт переключающего устройства РПН 323
Глава 38. Сборка и испытания трансформаторов 326
Первый этап сборки трансформатора 326
Второй этап сборки трансформатора 328
Испытания силовых трансформаторов 329

ЧАСТЬ 4. РЕМОНТ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ **333**

Глава 39. Системы вентиляции помещений **334**

Естественная вентиляция 334
Механическая вентиляция 335
Приточная вентиляция 336
Вытяжная вентиляция 337
Местная приточная и вытяжная вентиляция 338
Общеобменная вентиляция 339

Глава 40. Вентиляторы **342**

Классификация вентиляторов по конструкции и принципу действия 342
Радиальные вентиляторы 344
Осевые вентиляторы 345
Диагональные вентиляторы 346
Диаметральные вентиляторы 347
Область применения и подбор вентиляторов 347

Глава 41. Основные элементы систем вентиляции **350**

Клапаны и фильтры 350
Калориферы 351
Сеть воздуховодов 351
Воздухораспределительные устройства 352
Шумоглушитель 352
Охладитель 353
Автоматика 354

Глава 42. Ремонт вентиляции и профилактика неисправностей **355**

Очистка вентиляции 355
Типовые неисправности вентиляционных систем 356
Состав работ по ремонту вентиляционных систем 359
Сдача систем вентиляции и кондиционирования в эксплуатацию после ремонта 360

Глава 43. Вентиляторы компьютеров **364**

Схемы включения 364
Вентиляторы на шарикоподшипниках 365
Вентиляторы на подшипниках скольжения 366
Последствия отсутствия смазки вентиляторов 369

Глава 44. Ремонт увлажнителей и ионизаторов воздуха **370**

Традиционные увлажнители 370
Паровые увлажнители 370
Ультразвуковой увлажнитель 371
Классификация ионизаторов воздуха 372
Плазменные ионизаторы 372
Построение ионизатора воздуха 373
Техническое обслуживание ионизаторов 374

ЧАСТЬ 5. РЕМОНТ КОНДИЦИОНЕРОВ И СПЛИТ-СИСТЕМ 375

Глава 45. Принцип действия кондиционеров 376

Оконный кондиционер 376
Достоинства сплит-систем 377
Сплит-системы кассетного и канального типов 377
Режимы работы кондиционеров 378
Работа кондиционера в режиме охлаждения 379
Режимы работы сплит-системы 380

Глава 46. Ремонт оконных кондиционеров 383

Назначение оконных кондиционеров 383
Основные технические характеристики кондиционера БК-1500 384
Основные технические характеристики кондиционера БК-2500 384
Функциональная схема кондиционера 385
Работа при включенных электродвигателях 386
Электрическая схема кондиционера БК-1500 387

Глава 47. Фильтры кондиционеров и сплит-систем 389

Разновидности фильтров 389
Обслуживание фильтров внутреннего блока 390

Глава 48. Эксплуатация кондиционера в холодное время года 392

Особенности парка кондиционеров 392
Эксплуатация неадаптированного кондиционера в холодное время года 392
Адаптация к работе в зимний период 393

Глава 49. Основные причины выхода кондиционера из строя 396

Особенности работы кондиционера 396
Повышенный шум и вибрация вентилятора 397
Вред тополиного пуха 398
Утечка фреона 398

Глава 50. Ремонт кондиционеров и их обслуживание 400

Ремонт компрессора кондиционера 400
Экспресс-анализ масла 401
Потеря герметичности фреонового контура 403
Попадание влаги во фреоновый контур 405
Проверки кондиционера 406
Замена масла компрессора 407
Защита от попадания грязного масла в отремонтированный блок 408
Эвакуация хладагента 408
Демонтаж компрессора 409
Освобождение компрессора от масла 410
Промывка компрессора 410
Вакуумирование компрессора 411
Заправка компрессора маслом 411
Испытание компрессора 412
Подготовка теплообменника и трубопроводов обвязки компрессора . . . 413
Удаление фильтра-осушителя 414
Монтаж компрессора в ККБ 414

Глава 51. Ремонт автомобильных кондиционеров **416**
Особенности ремонта 416
Ремонт компрессора автомобильного кондиционера..... 417
Промывка системы автомобильного кондиционера..... 418
Диагностика автокондиционера 420
Проверка системы автокондиционера на герметичность 421

ЧАСТЬ 6. РЕМОНТ КОММУТАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ **423**

Глава 52. Требования к устройствам защиты электрических аппаратов... **424**
Основные определения..... 424
Электродинамическая и термическая устойчивость 425
Ток аппарата и защиты..... 425
Параметры тока автоматических выключателей 426
Требования к автоматам защиты..... 427

Глава 53. Автоматические выключатели **428**
Определение и назначение 428
Принцип действия..... 428
Классификация 429
Конструкция 430
Условия эксплуатации 433
Неисправности автоматических выключателей..... 434

Глава 54. Ремонт магнитных пускателей и контакторов **435**
Характеристики и подключение пускателей..... 435
Схема трехступенчатого переключателя 438
Проведение осмотра пускателя перед вводом в эксплуатацию..... 439
Проверка работы электрической схемы перед вводом в эксплуатацию . 440
Неисправности пускателя при неудавшейся остановке двигателя 441
Обслуживание пускателей в ходе эксплуатации 442
О повышенной температуре токоведущий частей пускателя 442
О борьбе с появлением гудения и вибрации контактора 443
Основания для проведения поддерживающего ремонта
магнитных пускателей 444
Неисправности магнитных пускателей..... 445
Восстановление контактов 446
Восстановление контактной пружины 447
Восстановление резьбы в отверстиях
под винты крепления токоподводящих проводов..... 447
Восстановление зоны соприкосновения
якоря и сердечника магнитопровода 447
Восстановление поврежденного
короткозамкнутого витка магнитопровода 448
Восстановление выводных зажимов магнитных пускателей..... 448
Восстановление реверса в реверсивных магнитных пускателях..... 448
Устранение сильного гудения магнитной системы контактора..... 449
Основные неисправности переключающих устройств..... 449
Переключающие устройства РПН: устройство и принцип действия 450
Ремонт переключающего устройства ПБВ..... 452
Ремонт переключающего устройства РПН..... 453
Типовые неисправности контакторов пускателей 454

Глава 55. Ремонт тепловых реле **457**
Принцип действия тепловых реле 457
Времятоковые характеристики теплового реле 459
Тепловое реле серии ТРН: назначение, устройство, внешний вид 459
Тепловое реле серии ТРН: принцип действия и электрическая схема ... 460
Тепловые реле серии ТРП: назначение и устройство 460
Тепловые реле серии ТРП: принцип действия и электрическая схема ... 461
Электротепловые реле типа РТИ:
назначение, устройство и подключение к контактору 461
Принципиальная схема подключения
нереверсивного пускателя с электротепловым реле 465
Схема подключения реверсивного пускателя с электротепловым реле.. 467
Выбор теплового реле 468

Глава 56. Устройства плавного пуска и торможения двигателей **473**
Назначение устройства плавного пуска двигателя 473
Составные части устройства плавного пуска 474
Однофазное регулирование 475
Двухфазное регулирование 475
Трехфазное регулирование 476
Система управления и выставляемые параметры 476
Электромагнитная совместимость 479
Типовые проблемы эксплуатации УПП и способы их решения 479

ЧАСТЬ 7. РЕМОНТ АВТОНОМНЫХ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ **481**

Глава 57. Выбор автономной электростанции **482**
Выбор мощности электростанции 482
Выбор типа питания электростанции 484
Выбор количества фаз электростанции 485
Варианты запуска электростанции 486
Сравнение параметров бензиновых и дизельных генераторов 487

Глава 58. Ремонт бензиновых и дизельных электрогенераторов **489**
Шаги перед началом эксплуатации 489
Запуск и использование 490
Неисправности дизельных электрогенераторов 492

Глава 59. Ремонт газовых электрогенераторов **497**
Классификация и особенности 497
Смесители и редукторы 497
Приобретение генератора 498
Поиск и устранение неисправностей газовой электростанции 500

Глава 60. Ремонт ветрогенераторов **502**
Преимущества ветрогенераторов 502
Устройство ветрогенератора 503
Упрощенная схема работы ветрогенератора 504
Области применения ветрогенераторов 507
Прикидочная таблица мощности ветроустановки 508
Неисправности ветроэлектростанций 510

ЧАСТЬ 8. РЕМОНТ НАСОСОВ **513**

Глава 61. Основные характеристики и режимы работы водяных насосов . **514**

Режимы работы и базовые показатели водяных насосов 514
Технологические показатели водяных насосов 515
Показатели самовсасывания 517
Эргономические показатели насосов 518
Подобие насосов 518
Характеристики насосов, используемые в практике 519

Глава 62. Классификация насосов по принципу действия **521**

Центробежные насосы 521
Вибрационные насосы 524
Глубинные насосы 527
Дренажные насосы 528
Поверхностные насосы 530
Универсальные садовые насосы 531
Насосные станции 531
Выбор насосов для водоснабжения дома 532

Глава 63. Погружные насосы **536**

Особенности погружных насосов 536
Установка насоса в скважине 536
Определение параметров погружного насоса 537
Расчет расхода воды 539
Ошибки выбора насоса заказчиком 540
Монтаж насоса и ввод в эксплуатацию 542
Преимущества и недостатки погружных насосов 542

Глава 64. Ремонт насосов в условиях производства **544**

Ремонтные циклы 544
Способы определения неисправностей 544
Назначения и виды ремонтов 545

Глава 65. Ремонт насосов в домашних условиях **549**

Причины выхода из строя насоса 549
Диагностика неисправностей насосов и способы устранения 550

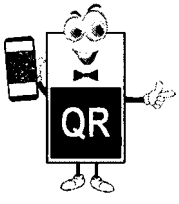
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ **553**

ОНЛАЙН ВИДЕО, ИНФОРМАЦИЯ И КАЛЬКУЛЯТОРЫ ПО QR-КОДУ

Для работы с интерактивным материалом в книге широко используется технология QR-кодов, которая превращает этот СПРАВОЧНИК по электротехнике в удобный ИНТЕРАКТИВНЫЙ ПРОДУКТ.

QR-код (quick response code) — это двухмерный матричный штрих-код (или бар-код), предоставляющий информацию для ее быстрого распознавания с помощью камеры на мобильном устройстве. Аббревиатура **QR** происходит от английской фразы **QUICK RESPONSE**, что можно перевести как **БЫСТРЫЙ ОТКЛИК**.

Стандартные программы-сканеры, входящие в исходный набор ПО смартфона, часто не очень удобны в работе по следующим причинам: работают недостаточно быстро, могут не распознать код при низком качестве изображения, обычно автоматически не переходят на изображение в интернете, требуя дополнительного нажатия ссылки на экране.



Для работы с QR-кодами Издательство рекомендует установить на смартфон (планшет) СПЕЦИАЛЬНОЕ более КАЧЕСТВЕННОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ: «Сканер QR- и штрих-кодов (русский)» TeaCapps, отсканировав своим мобильным устройством под управлением ANDROID 6.0 и выше этот QR-код.

Можно установить это Приложение на смартфон и вручную, найдя это приложение в GooglePlay или AppStore.

Приложение «Сканер QR и штрих-кодов (русский)» представляет собой современный сканер QR- и штрих-кодов со всеми необходимыми пользователю функциями. Поддерживается чтение всех распространенных форматов штрих-кодов: QR-код, примененный в данной книге, а также Data Matrix, Aztec, UPC, EAN, Code 39 и многие другие, которые могут пригодиться в дальнейшем.

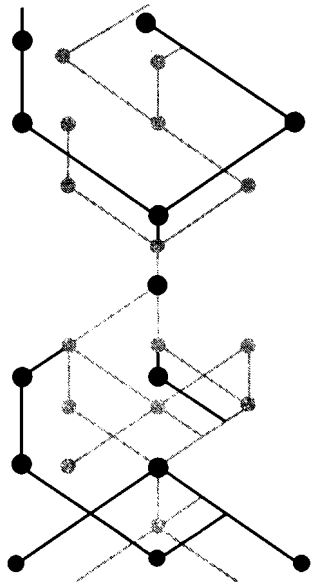
После установки на смартфон, запустите Приложение и настройте его, перейдя в раздел «НАСТРОЙКИ» (иконка в верхнем правом углу экрана). Поставьте «птичку» напротив пункта «ОТКРЫВАТЬ ВЕБ-САЙТЫ АВТОМАТИЧЕСКИ». При такой настройке сайты при сканировании QR-кодов в книге будут открываться немедленно после сканирования.

ЧАСТЬ

1

ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

- *Методика поиска неисправностей электрооборудования*
- *Электроизоляционные и проводниковые материалы, применяемые при ремонте электрооборудования*
- *Металлы и провода, припои и флюсы, применяемые при ремонте электрооборудования*
- *Силовые диоды, транзисторы, тиристоры и симисторы, используемые при ремонте электрооборудования*
- *Меры электробезопасности при ремонте электрооборудования*
- *Знаки безопасности*
- *Заземление, зануление, уравнивание потенциалов*
- *Средства индивидуальной защиты*
- *Инструменты и электроизмерительные приборы, применяемые при ремонте электрооборудования*



ГЛАВА 1

МЕТОДИКА ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Наиболее часто встречающиеся неисправности

Наиболее часто встречающиеся неисправности в электрических схемах электроприборов и бытовой техники:

- обрыв (сопротивление электрической цепи равно бесконечности);
- значительное увеличение сопротивления;
- значительное уменьшение сопротивления;
- короткое замыкание (сопротивление электрической цепи близко к нулю).

ONLINE ВИДЕО

Урок учебной практики «Поиск неисправностей»

Основные причины неисправности элементов

Основными причинами неисправности элементов электрооборудования являются:

- перегрузки по току;
- перенапряжения;
- повышенная температура окружающей среды;
- недопустимая вибрация;
- удары.

При возникновении неисправности или отказа объекта (системы, устройства, блока, модуля, электронной платы) поиск неисправного

элемента электроники рекомендуется начинать после предварительной **проверки исправности**:

- сигнальных ламп, предохранителей, выключателей и других средств коммутации и защиты объекта;
- блока или узла питания объекта путем измерения вольтметром напряжения на входе и выходе;
- датчиков, сигнализаторов, конечных выключателей, мониторов, кинескопов, акустических систем и других внешних устройств.

ПРИМЕЧАНИЕ

После этого рекомендуется проверить значения напряжений или параметров импульсов в контрольных точках, предусмотренных инструкцией по эксплуатации.

Общие причины возникновения неисправностей:

- обрыв из-за старения элементов, прохождения повышенных токов, ударов, вибрации и коррозии;
- значительное увеличение сопротивления электрических цепей по сравнению с номинальным значением (вызывается старением элементов, ухудшением контактов и контактных соединений, отклонением параметров отдельных элементов);
- значительное уменьшение сопротивления электрических цепей по сравнению с номинальным значением из-за увеличения поверхностных утечек и старения элементов. Короткие замыкания являются следствием пробоя изоляции, замыкания проводников и элементов на корпус и между собой (для проводников разных полярностей и фаз).

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Как найти неисправности при ремонте электрооборудования

Признаки исправной работы электрооборудования

При поиске неисправности необходимо знать и уметь использовать признаки исправной работы электрооборудования.

Их можно разделить на **две основные группы**:

- **группа 1, активные признаки** — показания световых и звуковых сигналов, сигнализаторов, срабатывания средств защиты, а также признаки, выявляемые при измерении прибором;

- **группа 2, пассивные** или **вторичные признаки**, воспринимаемые при внешнем осмотре электрооборудования (визуальные, звуковые, осязательные, обонятельные).

Световые и звуковые сигналы, сигнализаторы позволяют наблюдать за состоянием электроприборов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Средства защиты (предохранители, максимальные или минимальные реле, автоматы и т. п.), срабатывая, отключают электрические цепи от источников электроэнергии при наличии в отключенной части схемы повышенных токов утечки, токов перегрузки и коротких замыканий.

При неисправностях **«типа обрыва»** защита обычно не срабатывает, но ее нормальное состояние при наличии неисправности в электрической схеме является косвенным свидетельством того, что повреждение имеет характер обрыва.

Поиск неисправностей производится путем направленных измерений параметров элементов электрических схем с помощью переносных приборов и измерительных комплектов с использованием активных признаков.

При измерении параметров (сопротивление, ток, напряжение) отдельных элементов в электрических схемах с помощью переносных приборов необходимо использовать карты сопротивлений, напряжений, токов на выходе отдельных элементов и блоков, приводимые в инструкциях по эксплуатации этих аппаратов.

Основные этапы поиска неисправностей

При проведении специальных направленных измерений в практике используется ряд **частных способов поиска неисправностей**:

- промежуточные измерения, дающие возможность последовательно проследить прохождение сигналов по различным каналам системы;
- исключения, позволяющие посредством измерений исключить исправные части проверяемой схемы и выделить отказавший элемент;
- замена блоков (деталей), в которых предполагается наличие неисправности, на однотипные заведомо исправные;
- сравнения результатов испытаний отказавшей схемы с результатами испытаний исправной схемы того же типа, эксплуатируемой в тех же условиях.

В общем случае **поиск неисправностей** состоит из следующих этапов:

- **этап 1** — установление факта неисправности электроприбора по изменению активных и пассивных признаков нормальной работы;
- **этап 2** — анализ имеющихся признаков неисправностей и сопоставление их с возможным состоянием элементов электроприбора;
- **этап 3** — сравнение признаков неисправностей, указанных в инструкциях по эксплуатации и известных из опыта эксплуатации, с наблюдаемыми признаками;
- **этап 4** — выбор оптимальной последовательности поиска и объема дополнительных измерений для обследования элементов, в которых возможно появление неисправностей;
- **этап 5** — последовательное измерение;
- **этап 6** — общая оценка результатов испытаний и заключение о наиболее вероятных причинах неисправности выделенного элемента;
- **этап 7** — устранение неисправности.

Дальнейший поиск неисправного элемента рекомендуется выполнять с учетом следующих указаний:

- должен быть изучен и уяснен принцип действия неисправного объекта;
- сначала отыскивается более сложный неисправный объект, далее — более простой (по принципу система → блок → узел → элемент);
- анализируются признаки неисправности, выдвигаются предположения ее причин и выбирается метод проверки;
- проводится выборочная проверка участков и отдельных элементов, неисправности которых наиболее вероятны, а проверка их занимает наименьшее время;
- если выборочной проверкой неисправный элемент не обнаружен, следует перейти к поиску методом исключения, двигаясь от входа к выходу объекта, либо деля его перед началом следующей проверки на две равные по трудоемкости проверки части;
- если неисправность нехарактерна, то целесообразно, опустив этап выборочной проверки, начинать поиск сразу с метода исключения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Вводить и выводить из действия съемные объекты для осмотра, замены на запасные или поиска неисправных элементов рекомендуется при выключенном напряжении питания, особенно при наличии разъемных контактных соединений.

ONLINE ВИДЕО

Поиск неисправностей

Внешний осмотр объекта ремонта

При внешнем осмотре объекта ремонта необходимо обращать внимание:

- на нарушения защитных и изоляционных покрытий;
- на изменение цвета, наличие потемнений, вздутий и трещин;
- на исправность креплений, контактных поверхностей, соединений и паек;
- на температуру элементов (корпусов транзисторов, резисторов, диодов, микросхем, электролитических конденсаторов) сразу же после выключения схемы.

При этом необходимо помнить, что температура корпусов при нормальной эксплуатации не должна превышать 45—60 °С на ощупь.

ПРИМЕЧАНИЕ

Превышение температуры элемента выше 60 °С рука не терпит.

ВНИМАНИЕ

Определение неисправного элемента в объекте, находящемся под напряжением, рекомендуется выполнять с использованием исправных удлинителей и переходных устройств, измерительных приборов с высоким внутренним сопротивлением и имеющихся в документации указаний о значениях и полярности потенциалов.

Проверка выявленного элемента с изъянами

При отсутствии необходимых данных поиск может производиться путем сравнения по участкам напряжений на одинаковых элементах заведомо исправного (запасного или аналогичного) и неисправного объектов.

Определение неисправного **элемента без подачи напряжения** на объект может производиться измерением сопротивлений посредством омметра. Должно производиться измерение по участкам или элементам, работоспособность которых вызывает сомнение.

ПРИМЕЧАНИЕ

Элементы с обнаруженными изъянами подлежат проверке в первую очередь.

При необходимости один или несколько выводов элементов могут быть отключены (отпаяны).

При нарушении исправности элемента (увеличение тока утечки, уменьшение сопротивления изоляции или напряжения переключения и т. п.) необходимо выполнить измерения его основных параметров посредством обычных или специальных приборов и проверочных схем.

При отсутствии паспортных данных элемента результаты измерений могут быть сопоставлены с аналогичными данными запасных заведомо исправных элементов.

ONLINE ВИДЕО

Ремонт электронных модулей бытовой техники

СОВЕТ

В процессе поиска, проверки и замены неисправных элементов (особенно полупроводниковых приборов) с использованием наиболее простых средств необходимо внимательно маркировать выводы приборов.

Анализ причин возникновения обнаруженных неисправностей

Рассмотрим **анализ причин возникновения обнаруженных неисправностей**. После обнаружения неисправного элемента анализируются возможные причины неисправности, которые должны быть устранены до замены его и ввода объекта в действие.

Для повышения достоверности результатов измерение параметров элементов рекомендуется выполнять в сухом помещении при температуре воздуха 20—25 °С (особенно для терморезисторов, германиевых диодов и транзисторов).

Если принятые меры по осмотру и проверке неисправного объекта не привели к восстановлению его работоспособности, а поиск неисправного элемента не дал результата, объект подлежит передаче для ремонта в специальные мастерские.

Самостоятельное вскрытие и ремонт сложных объектов, основанных на современных полупроводниковых элементах, при отсутствии четких указаний в инструкции по эксплуатации, не рекомендуются.

ONLINE ВИДЕО

Диагностика и ремонт бытовых приборов своими руками

ГЛАВА 2

ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Основные параметры

Диэлектрическая проницаемость материала — величина, характеризующая способность диэлектрика поляризоваться в электрическом поле и равная отношению емкости конденсатора с данным диэлектриком к емкости аналогичного конденсатора, диэлектриком которого является вакуум.

Тангенс угла диэлектрических потерь характеризует мощность, рассеиваемую в единице объема вещества. Чем больше этот тангенс, тем больше нагрев диэлектрика.

Электрическая прочность диэлектрика определяется напряженностью однородного электрического поля, при которой происходит электрический пробой.

Электропроводность диэлектрика характеризуется удельным объемным и удельным поверхностным сопротивлением. Для низкокачественных электроизоляционных материалов (дерево, мрамор) значение электропроводности находится в пределах 10^6—10^8 Ом·м, для высококачественных материалов (фторопласт, полистирол) — 10^{14}—10^{16} Ом·м.

ONLINE ВИДЕО

Неметаллические и электроизоляционные материалы

Нагревостойкость материала — способность длительно выдерживать высокую температуру. В соответствии с ГОСТ 8865-70 электроизоляционные материалы по нагревостойкости разделяются на 6 классов, обозначаемых латинскими буквами:

- **V** (до 90 °С) — волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка и натурального шелка, не пропитанные специальными электроизоляционными веществами;
- **А** (до 105 °С) — те же материалы, но пропитанные;
- **Е** (до 120 °С) — синтетические материалы, пленки, волокна;
- **В** (до 130 °С) — материалы на основе слюды, асбеста, стекловолокна с органическими связывающими и пропитывающими составами;
- **Р** (до 155 °С) — те же материалы, но с синтетическими связывающими и пропитывающими составами;
- **Н** (до 180 °С) — слюда, керамические материалы, фарфор, стекло, кварц, применяемые со связующими составами или без них.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Характеристики электроизоляционных материалов

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Характеристики электроизоляционных материалов

Параметры электроизоляционных материалов

Бумага конденсаторная КОН-1 и КОН-2 выпускается толщиной от 4 до 30 мкм, имеет пробивное напряжение 300—600 В.

Картон электроизоляционный марки ЭВ и ЭВТ выпускается в рулонах толщиной 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5 мм и в листах толщиной 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,5; 3 мм (последний только марки ЭВ).

Электрическая прочность рулонного электроизоляционного картона в плоском состоянии составляет 10—13 кВ/мм, а по линии перегиба снижается до 8—10 кВ/мм.

Для кабелей и проводов применяют резиновую, пластмассовую, пропитанную бумажную и иные виды изоляции. Изоляционные материалы обозначаются **буквой И** с индексами, соответствующими конкретному материалу.

Резиновая изоляция изготавливается на основе натуральных или синтетических (бутадиеновых, бутиловых и др.) каучуков.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Электроизоляционные материалы, их свойства и применение

Используются следующие типы установленных ГОСТом изоляционных резин: РТИ-0, РТИ-1, РТИ-2, РНИ, классифицируемых в зависимости от содержания каучука. Испытание резин на старение проводят в течение 4 суток при температуре +120 °С. На основе каучука и кремнийорганических спиртов производится кремнийорганическая резина, обладающая более высокими электрофизическими свойствами. Например, она длительно устойчива к воздействию температур в диапазоне от –60 °С до +200 °С.

Изоляции из **поливинилхлоридного пластификата** (ПВХП) представляют собой смеси из поливинилхлорида с пластификаторами, стабилизаторами и иными добавками, которые придают ПВХП эластичность, облегчают его обработку, однако ухудшают его электроизоляционные свойства, нагревостойкость, химическую стойкость. ПВХП по-прежнему выпукаются в соответствии с ГОСТ 5960-72.

К **ПВХП общего применения** относятся марки: И40, И45, И50, И60. **ПВХП пониженной горючести** марки НГП 40-32 и НГП 30-32 выпускаются в соответствии с ТУ 2246-425-05761784-98, **ПВХП марки ИМ 40-8, ИОМ 40-8** — в соответствии с ТУ 6-02-51-90, **ПВХП повышенной тепло- и бензомаслостойкости** марки ИТ-105В — в соответствии с ТУ 16.К 71-275-98 и т. д.

ПВХП марок И40-13, И40-13А, И40-14 используются для изоляции проводов и кабелей в диапазоне температур от –40 °С до +70 °С. Для той же цели используются марки И50-13, И50-14 в диапазоне температур от –50 °С до +70 °С, а И60-12 — в диапазоне температур от –60 °С до +70 °С; все эти марки изоляции рекомендованы для районов крайнего Севера. Для изоляции и оболочки проводов и кабелей используется марка И45-12 в диапазоне температур от –45 °С до +70 °С.

Полиэтиленовая изоляция

Полиэтиленовая изоляция изготавливается на основе полиэтиленов низкой плотности (ПЭНП) и полиэтиленов высокой плотности (ПЭВП). ПЭНП получают полимеризацией этилена при высоком давлении, а ПЭВП — при низком давлении с применением металлорганических катализаторов. Маркировка композиций на основе **ПЭНП** включает трехзначные цифры, начинающиеся с единицы: 102, 107 и т. д.

ONLINE ВИДЕО

Термоусадочные трубки (полиолефиновые)

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Полиэтиленовая изоляция

Маркировка на основе **ПЭВП** — цифры, начинающиеся с двойки: 204, 206, 207 и т. д.

Электрическая прочность для полиэтиленовых изоляций (ПЭИ) толщиной 1 мм при частоте 50 Гц составляет 35—40 кВ/мм. Диэлектрическая проницаемость при частоте 1 МГц изменяется в пределах 2,3—2,4 Ф/м.

Тангенс угла диэлектрических потерь при той же частоте — в пределах от $2 \cdot 10^{-4}$ до $7 \cdot 10^{-4}$. Применение **ПЭИ** отражено в **табл. 2.1**.

Области применения полиэтиленовой изоляции *Таблица 2.1*

Марка композиций на основе полиэтилена высокого и низкого давления	Область применения
Диапазон рабочих температур от –70 °С до +70 °С	
102-01К, 153-01К, 178-01К, 107-01К, 180-01К	Для неокрашиваемой изоляции проводов и кабелей. Рекомендованы для кабелей связи (кроме 180-01К)
102-02К, 104-02К, 107-02К, 107-04К, 153-02К, 153-04К, 178-02К, 179-04К, 180-02К, 180-04К	Для окрашиваемой и неокрашиваемой изоляции проводов и кабелей
Диапазон рабочих температур от –60 °С до +90 °С	
204-07К, 206-07К, 207-07К, 208-07К	Для окрашиваемой и неокрашиваемой изоляции проводов и кабелей
204-11К, 206-11К, 273-81К	Для светостойкой изоляции проводов
271-70К	Для изоляции проводов и кабелей

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Фторопластовый провод	*Ткани электро-изоляционные*	*Стеклотекстолит*
Температурные индексы диэлектрических материалов	*Лакоткань электроизоляционная (хлопчатобумажная и шелковая)*	*Марки и свойства конструкционных текстолита и асботекстолита*
Пленка полиэтилентерефта-латная ПЭТ-Э	*Клей для металла — виды и характеристики*	*Клей для пластика: склеить все, что сломано*
Сравнительное тестирование четырех изолент	*Виды изоленты, ее свойства и особенности*	*Гетинакс и стекло-текстолит фольгирован-ные. ТУ. ГОСТ 10316-78*
Трубки ПВХ (поливинилхлоридные)	*Электроизоляционные лаки, эмали, компаунды*	*Материалы для пропитки обмоток*

ONLINE ВИДЕО

Фторопластовая изоляция. Дугообразование	*Электроизоляционные лаки ГФ-95 и МЛ-92 для пропитки обмоток*	*В чем разница между АПЭТ, ПЭТ-Э, ПЭТ-G, БОПЭТ пленкой*
Лакоткань ЛШМ-105. Применение и технические характеристики	*Стеклотекстолит СТЭФ-1 ГОСТ 12652-74. Применение и технические характеристики*	*Гетинакс фольгированный. Применение и технические характеристики*
Стеклоткань	*Кембрик ТВ-40*	*Рецепт супер клея для металла и т.д.*
Клей БФ-4, проверка на склеивании болта с гайкой	*Как выбрать электроизоляционную ленту. Изоляция проводов*	*Как намертво склеить пластик, железо, стекло и прочие материалы*
Как проверить изоленту для электромонтажа	*Термоусадочные трубки с припоем. Испытания*	*Как пользоваться термоусадочной трубкой*

ГЛАВА 3

МЕТАЛЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Черные и цветные металлы

При изготовлении и ремонте электрического оборудования широко используют черные и цветные металлы и различные сплавы. **Черные металлы** (чугун, сталь) применяют как конструкционные материалы для станин электрических машин, баков, кожухов трансформаторов, оснований, цоколей, электрических аппаратов и других узлов и деталей.

Специальные электротехнические стали необходимы для изготовления магнитопроводов, трансформаторов и сердечников электрических машин и аппаратов. Промышленность выпускает ряд марок листовой электротехнической стали, различающихся магнитными электрическими свойствами. Широкий диапазон электромагнитных свойств листовой электротехнической стали достигается путем изменения содержания основного легирующего элемента — кремния, а также применением различных технологических приемов. Обычно сталь с низким содержанием кремния имеет меньшую магнитную проницаемость и большие удельные потери. Но она отличается большей величиной магнитного насыщения.

Стали с низким содержанием кремния выгодно применять для работы на постоянном токе и переменном токе низкой частоты при высоких значениях индукции.

Стали с высоким содержанием кремния применяются в тех случаях, когда важно иметь малые потери гистерезиса и вихревых токов или высокую магнитную проницаемость в слабых и средних полях.

Параметры тонкой электротехнической стали приведены в **табл. 3.1.**

Тонкая электротехническая сталь *Таблица 3.1*

Марка	Толщина, мм	Магнитная индукция, Гс, при напряженности магнитного поля, А/см, не менее				Полные удельные потери, Вт/кг, не более		Назначение
		25	50	100	300	10/50	15/30	
Э-11	1	15300	16300	17600	20000	5,8	13,4	Сердечники полюсов и статорных пакетов для электрических машин малой мощности
Э-11	0,5	15300	16400	17600	20000	3,3	7,7	
Э-12	0,5	15000	16200	17500	19800	3,2	7,5	
Э-21	0,5	14800	15900	17300	19500	2,5	6,1	Якоря электродвигателей постоянного тока
Э-31	0,5	14600	15700	17200	19400	2	4,4	Турбо-гидрогенераторы малой мощности, крупные многополюсные и быстроходные электродвигатели
Э-31	0,35	14600	15700	17100	19200	1,6	3,6	

Примечание. *Полные удельные потери приведены для максимальных значений индукции 10000 и 15000 Гс и частоте 50 Гц.*

Широкое распространение в технике получили **холоднокатаные текстурованные стали**, обладающие в направлении проката более высокой проницаемостью в слабых полях и более низкими потерями по сравнению с обычными горячекатаными сталями.

Листовые электротехнические стали очень чувствительны к деформации. Резка, штамповка и другие технологические операции значительно ухудшают магнитные свойства стали вблизи мест наклепа. Поэтому изделия с небольшой шириной пластин (меньше 30—40 мм) должны после штамповки или резки отжигаться в неокисляющей среде (или, по крайней мере, без доступа воздуха) по режиму: отжиг 2 ч при 750—800 °С с последующим медленным охлаждением (50—60 °С/ч) до 400 °С.

ONLINE ВИДЕО

Металлы и сплавы

ONLINE ВИДЕО

Черные и цветные металлы

Сплавы, используемые в магнитопроводах

Сплавы высокой проницаемости, или **пермаллои**, обладают магнитной проницаемостью, в 10—100 раз более высокой, чем листовая электротехническая сталь. Эти сплавы намагничиваются до насыщения в малых магнитных полях при напряженностях от долей до нескольких ампер на сантиметр.

В результате деформации магнитные свойства этих сплавов могут ухудшаться в десятки раз. Поэтому пермаллои обычно поставляются заказчику в виде лент непосредственно после холодной прокатки. После изготовления деталей они должны быть подвергнуты отжигу, в результате которого могут быть получены требуемые магнитные свойства.

Материалы магнитопроводов рассмотрены в **табл. 3.2.**

Материалы магнитопроводов *Таблица 3.2*

Марка	Основные свойства	Назначение
45Н 50Н	Сплавы с повышенной магнитной проницаемостью, обладающие высоким значением индукции насыщения	Сердечники силовых трансформаторов, дросселей, реле и деталей магнитных цепей, работающих при повышенных значениях индукции без подмагничивания или с небольшим подмагничиванием
50НП 65НП 34НКМП	Сплавы с повышенной магнитной проницаемостью, обладающие прямоугольной петлей гистерезиса	Сердечники магнитных усилителей, коммутирующих дросселей, выпрямительных установок, элементов вычислительных и счетно-решающих машин и т. д.
50НХС	Сплав с повышенной магнитной проницаемостью и высоким удельным электрическим сопротивлением	Сердечники импульсных трансформаторов и аппаратуры связи звуковых и высоких частот, работающие без подмагничивания или с небольшим подмагничиванием
79НМ 80НХС 76НХД	Сплавы с высокой магнитной проницаемостью в слабых полях	Сердечники малогабаритных трансформаторов, дросселей, реле, магнитные экраны толщиной 0,02 мм, сердечники импульсных трансформаторов, магнитных усилителей и бесконтактных реле

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Аморфные сплавы и экономия

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Виды металлопроката и применение

ONLINE ВИДЕО

Сортаменты проката и его наименования, обоснования их различий

ГЛАВА 4

ПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Общие сведения

К **проводниковым материалам** в электротехнике относятся металлы, их сплавы, контактные металлокерамические композиции и электротехнический уголь.

Металлические вещества являются проводниками первого рода и характеризуются электронной проводимостью; основной параметр для них — удельное электрическое сопротивление в функции температуры.

Диапазон удельных сопротивлений металлических проводников весьма узок и составляет от 0,016 мкОм·м для серебра до 1,6 мкОм·м для жаростойких железохромоалюминиевых сплавов.

Электрическое сопротивление графита с увеличением температуры проходит через минимум с последующим постепенным повышением.

По роду применения проводниковые материалы подразделяются на группы:

- проводники с высокой проводимостью — металлы для проводов линий электропередач и для изготовления кабелей, обмоточных и монтажных проводов для обмоток трансформаторов, электрических машин, аппаратуры, катушек индуктивности и пр.;
- конструкционные материалы — бронзы, латуни, алюминиевые сплавы и т. д., применяемые для изготовления различных токоведущих частей;
- сплавы высокого сопротивления — предназначаемые для изготовления дополнительных сопротивлений к измерительным прибо-

рам, образцовых сопротивлений и магазинов сопротивлений, реостатов и элементов нагревательных приборов, а также сплавы для термопар, компенсационных проводов и т. п.;

- контактные материалы — применяемые для пар неразъемных, разрывных и скользящих контактов;
- материалы для пайки всех видов проводниковых материалов.

Кроме чисто электротехнических свойств, для проведения необходимой технологической обработки и обеспечения заданных сроков службы в эксплуатации проводниковые материалы должны обладать достаточной нагревостойкостью, механической прочностью и пластичностью.

Медь

Чистая медь по электрической проводимости занимает второе место после серебра, обладающего из всех известных проводников наивысшей проводимостью. Высокая проводимость и стойкость к атмосферной коррозии в сочетании с высокой пластичностью делают медь основным материалом для проводов.

На воздухе медные провода окисляются медленно, покрываясь тонким слоем окиси CuO, препятствующим дальнейшему окислению меди. Коррозию меди вызывают сернистый газ SO_2, сероводород H_2S, аммиак NH_3, окись азота NO, пары азотной кислоты и некоторые другие реактивы.

Проводниковую медь получают из слитков путем гальванической очистки в электролитических ваннах. Примеси даже в ничтожных количествах резко снижают электропроводность меди, делая ее малопригодной для проводников тока, поэтому в качестве электротехнической меди применяют лишь **две ее марки**: **М0** и **М1**.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Медь – свойства, применение, характеристики

Почти все изделия из проводниковой меди **изготавливаются** путем проката, прессования и волочения. Так, волочением могут быть изготовлены провода диаметром до 0,005 мм, ленты толщиной до 0,1 мм и медная фольга толщиной до 0,008 мм.

Проводниковая медь **применяется** как в отожженном после холодной обработки виде (мягкая медь марки ММ), так и без отжига (твердая медь марки МТ).

При температурах термообработки выше 900 °С вследствие интенсивного роста зерна механические свойства меди резко ухудшаются.

В целях повышения предела ползучести и термической устойчивости медь легируют серебром в пределах 0,07—0,15 %, а также магнием, кадмием, цирконием, другими элементами.

Медь с присадкой серебра применяется для обмоток быстроходных и нагревостойких машин большой мощности, а медь, легированная различными элементами, используется в коллекторах и контактных кольцах сильно нагруженных машин.

ONLINE ВИДЕО

Медь – первый металл, полученный человеком

Латуни

Сплавы меди с цинком, называемые **латунями**, широко используются в электротехнике. Цинк растворяется в меди в пределах до 39 %.

В различных марках латуни содержание цинка может доходить до 43 %. Латуни, содержащие до 39 % цинка, имеют однофазную структуру твердого раствора и называются **латунями**. Эти латуни обладают наибольшей пластичностью, поэтому из них изготавливают детали горячей или холодной прокаткой и волочением: листы, ленты, проволоку. Без нагрева из листовой латуни методом глубокой вытяжки и штамповкой можно изготовить детали сложной конфигурации.

Латуни с содержанием цинка свыше 39 % называют **α+β-латунями** или **двухфазными** и применяют, главным образом, для фасонных отливок.

Двухфазные латуни являются более твердыми и хрупкими и обрабатываются давлением только в горячем состоянии.

Присадка к латуням олова, никеля и марганца повышает механические свойства и антикоррозионную устойчивость, а добавки алюминия в композиции с железом, никелем и марганцем добавляют латуням, кроме улучшения механических свойств и коррозионной стойкости, высокую твердость. Однако присутствие в латунях алюминия затрудняет пайку, а проведение пайки мягкими припоями становится практически невозможным.

ONLINE ВИДЕО

Что такое латунь? Опасен ли в ней свинец?

Особенности:

- латуни марок Л68 и Л63 вследствие высокой пластичности хорошо штампуются, легко паяются всеми видами припоев. В электромаши-

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Латунь – свойства, применение, характеристики

ностроении широко применяются для различных токоведущих частей;

- латуни марок ЛС59-1 и ЛМЦ58-2 применяются для изготовления роторных (беличьих) клеток электрических двигателей и для токоведущих деталей, изготовленных резанием и штамповкой в горячем состоянии, хорошо паяются различными припоями;
- латунь ЛА67-2,5 применяется для литых токоведущих деталей повышенной механической прочности и твердости, не требующих пайки мягкими припоями;
- латуни ЛК80-3Л и ЛС59-1Л широко применяются для литых токоведущих деталей электрической аппаратуры, для щеткодержателей и для заливки роторов асинхронных двигателей. Хорошо воспринимают пайку различными припоями.

Проводниковые бронзы

Проводниковые бронзы относятся к медным сплавам, необходимость применения которых в основном вызвана недостаточной в ряде случаев механической прочностью и термической устойчивостью чистой меди.

Общая номенклатура бронз весьма обширна, но высокой электропроводностью обладают лишь немногие марки бронз:

- кадмиевая бронза относится к наиболее распространенным проводниковым бронзам. Из всех марок кадмиевая бронза обладает наивысшей электрической проводимостью. Вследствие повышенного сопротивления истиранию и более высокой нагревостойкости эта бронза широко применяется для изготовления троллейных проводов и коллекторных пластин;
- бериллиевая бронза относится к сплавам, приобретающим прочность в результате старения. Она обладает высокими упругими свойствами, устойчивыми при нагревании до 250 °С, и электрической проводимостью, в 2—2,5 раза большей, чем проводимость других марок бронз общего назначения. Эта бронза нашла широкое применение для изготовления различных пружинных деталей, выполняющих одновременно и роль проводника тока, например токоведущих пружин, отдельных видов щеткодержателей, скользящих контактов в различных приборах, штепсельных разъемов;

- фосфористая бронза обладает высокой прочностью и хорошими пружинными свойствами, из-за малой электропроводности применяется для изготовления пружинных деталей с низкими плотностями тока.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Бронзы электротехнического назначения и особенности их производства

Литые токоведущие детали изготовляются из различных марок машиностроительных литьевых бронз с проводимостью в пределах 8—15 % проводимости чистой меди. Характерной **особенностью** бронз является малая усадка по сравнению с чугуном и сталью и высокие литейные свойства, поэтому они применяются для отливки различных токоведущих деталей сложной конфигурации, предназначенных для электрических машин и аппаратов.

Все марки литьевых бронз можно подразделить на **оловянные** и **безоловянные**, где основными легирующими элементами являются Al, Mn, Fe, Pb, Ni.

Алюминий

Характерными **свойствами** чистого алюминия являются:

- малый удельный вес;
- низкая температура плавления;
- высокая тепловая и электрическая проводимость;
- высокая пластичность;
- очень большая скрытая теплота плавления;
- прочная, хотя и очень тонкая пленка окиси, покрывающая поверхность металла и защищающая его от проникновения кислорода внутрь.

Малая плотность делает алюминий осн овой легких конструкционных материалов; большая пластичность позволяет применять к алюминию все виды обработки давлением и получать из него листы, прутки, проволоку, трубы, тончайшую фольгу, штампованные детали с глубокой вытяжкой и др.

Хорошая электрическая проводимость обеспечивает широкое применение алюминия в электротехнике. Так как плотность алюминия в 3,3 раза ниже, чем у меди, а удельное сопротивление лишь в 1,7 раза выше, чем у меди, то алюминий на единицу массы имеет вдвое более высокую проводимость, чем медь.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Классификация и марки алюминия

ONLINE ВИДЕО

Про алюминий интересно

Прочная пленка окиси быстро покрывает свежий срез металла уже при комнатной температуре, обеспечивая алюминию высокую устойчивость против коррозии в атмосферных условиях.

Сернистый газ, сероводород, аммиак и другие газы, находящиеся в воздухе промышленных районов, не оказывают заметного влияния на скорость коррозии алюминия. Действие водяного пара на алюминий также незначительно. В контакте с большинством металлов и сплавов, являющихся благородными по электрохимическому ряду потенциалов, алюминий служит анодом и, следовательно, коррозия его в электролитах будет прогрессировать.

Чтобы избежать образования гальванопар во влажной атмосфере, место соединения алюминия с другими металлами герметизируется лакировкой или другим способом.

Длительные испытания проводов из алюминия показали, что они в отношении устойчивости против коррозии не уступают медным.

Сравнение характеристик проводниковых материалов

Основные характеристики проводниковых материалов приведены в **табл. 4.1**.

Основные характеристики проводниковых материалов *Таблица 4.1*

Материал	Плотность, $\times 10^3$ кг/м^3	Температура плавления, °С	Удельное электрическое сопротивление при 20 °С, $\times 10^{-6}$ Ом·м	Средний температурный коэффициент сопротивления от 0 до 100 °С, град$^{-1}$	Примечание
Алюминий	2,7	660	0,026–0,028	$4 \cdot 10^{-3}$	Провода, кабели, шины, проводники короткозамкнутых роторов, корпуса и подшипниковые щиты малых электромашин
Бронза	8,3–8,9	885–1050	0,021–0,052	$4 \cdot 10^{-3}$	Кадмиевая бронза – контакты, фосфористая – пружины

Таблица 4.1 (продолжение)

Материал	Плотность, $\times 10^3$ кг/м^3	Температура плавления, °С	Удельное электрическое сопротивление при 20 °С, $\times 10^{-6}$ Ом·м	Средний температурный коэффициент сопротивления от 0 до 100 °С, град$^{-1}$	Примечание
Латунь	8,4–8,7	900–960	0,03–0,08	$2 \cdot 10^{-3}$	Контакты, зажимы
Медь	8,7–8,9	1080	0,0175–0,0182	$3 \cdot 10^{-3}$	Провода, кабели, шины
Олово	7,3	232	0,114–0,120	$4,4 \cdot 10^{-3}$	Припои для лужения и пайки в сплаве со свинцом
Свинец	11,34	327	0,217–0,222	$3,8 \cdot 10^{-3}$	Защитная обложка кабелей, вставки предохранителей, пластины аккумуляторов, припои в сплаве с оловом для лужения и пайки
Серебро	10,5	960	0,0160–0,0162	$3,6 \cdot 10^{-3}$	Контакты электроприборов аппаратов
Сталь	7,8	1400	0,103–0,137	$6,2 \cdot 10^{-3}$	Шины заземления

Сопротивление металлов и сплавов по сравнению с медью приведено в **табл. 4.2.**

Сопротивление металлов и сплавов по сравнению с медью *Таблица 4.2*

Металл / сплав	Сопротивление по сравнению с медью	Металл / сплав	Сопротивление по сравнению с медью
Серебро	0,9	Олово	8,5
Медь	1,0	Сталь	12
Хром	1,6	Свинец	13
Алюминий	1,67	Нейзильбер	17
Магний	2,8	Никелин	25
Молибден	2,9	Манганин	26
Вольфрам	3,6	Реотан	28
Цинк	3,7	Константан	29
Латунь	4,5	Чугун	30
Платина	5,5	Ртуть	60
Кобальт	6,0	Нихром	60
Никель	6,5	Уголь	15000
Железо	7,7		

Изменение сопротивления медных проводов при нагревании приведено в **табл. 4.3.**

Изменение сопротивления медных проводов при нагревании (сопротивление при 15 °С принято за единицу) *Таблица 4.3*

Температура, °С (десятки)	Температура, °С (единицы)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,940	0,944	0,948	0,952	0,956	0,960	0,964	0,968	0,972	0,976
10	0,980	0,984	0,988	0,992	0,996	1,000	1,004	1,008	1,012	1,016
20	1,020	1,024	1,028	1,032	1,036	1,040	1,044	1,048	1,052	1,056
30	1,060	1,064	1,068	1,072	1,076	1,080	1,084	1,088	1,092	1,096
40	1,100	1,104	1,108	1,112	1,116	1,120	1,124	1,128	1,132	1,136
50	1,140	1,144	1,148	1,152	1,156	1,160	1,164	1,168	1,172	1,176
60	1,180	1,184	1,188	1,192	1,196	1,200	1,204	1,208	1,212	1,216
70	1,220	1,224	1,228	1,232	1,236	1,240	1,244	1,248	1,252	1,256
80	1,260	1,264	1,268	1,272	1,276	1,280	1,284	1,288	1,292	1,296
90	1,300	1,304	1,308	1,312	1,316	1,320	1,324	1,328	1,332	1,336
100	1,340	1,344	1,348	1,352	1,356	1,360	1,364	1,368	1,372	1,376

Примечание. *Таблица служит для пересчета сопротивлений при температурах нагрева. Например, для подсчета сопротивления при температуре 44 °С надо по вертикали взять температуру 40 °С и по горизонтали поправку на 4 °С: получается изменение сопротивления в 1,116 раза.*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Назначение, основные параметры и характеристики

ONLINE ВИДЕО

Материалы высокой проводимости

Сплавы для катушек сопротивлений и измерительных приборов

Основным и лучшим представителем этих сплавов является **медно-марганцевый сплав** — манганин.

Манганин отличается высоким удельным сопротивлением при малом температурном коэффициенте сопротивления, низкой термо-ЭДС в паре с медью, высокой стабильностью сопротивления во времени, высокой пластичностью и сопротивлением коррозии. **Применяется** для изготовления точных образцовых сопротивлений.

В целях сохранения постоянства свойств сопротивлений их рабочая температура не должна превышать 60 °С. Для стабильности свойств манганина во времени он подвергается специальной низкотемпературной термической обработке с последующим длительным вылеживанием при комнатной температуре; изготавливается манганин в виде проволоки и ленты.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Контактные материалы, сплавы для катушек сопротивлений, жаростойкие сплавы

Менее прецизионным сплавом, чем манганин, является **медно-никелевый сплав — константан**, который характеризуется очень малым температурным коэффициентом сопротивления, устойчивостью против коррозии, удовлетворительной жаростойкостью и высокими механическими свойствами.

Недостатком константана при применении его для изготовления образцовых сопротивлений является высокая термоЭДС в паре с медью, в связи с чем он нашел широкое применение при изготовлении термопар для измерения температур до 900 °С.

Для изготовления реостатов и других электротехнических приборов иногда применяют сплав, содержащий медь, никель и цинк-нейзильбер. Этот сплав дешевле, чем константан, однако проволока из нейзильбера вследствие содержания цинка после нагревания ее до 200—250 °С становится хрупкой.

Жаростойкие сплавы для нагревательных приборов

Жаростойкие сплавы помимо высокого удельного сопротивления и малого температурного коэффициента сопротивления должны обладать высоким пределом рабочей температуры, хорошо обрабатываться и быть достаточно механически прочными во всем диапазоне рабочих температур.

В настоящее время выпускаются окалиностойкие деформируемые жаростойкие сплавы девяти различных марок, которые можно подразделить на сплавы на основе хрома и никеля, называемые нихромами, и на жаростойкие сплавы на основе хрома.

Свойства и назначение жаростойких сплавов высокого омического сопротивления приведены в **табл. 4.4.**

Свойства и назначение жаростойких сплавов высокого омического сопротивления *Таблица 4.4*

Марка сплава	Размер: диаметр или толщина, мм	Удельное электрическое сопротивление при 20 °С, мкОм / м	Рабочая температура нагревательного элемента, °С		Характеристика окалиностойкости и жаростойкости	Преимущественные области применения
			предельная	оптимальная		
Х25Н20	Все размеры	0,83–0,96	1000	900	Окалиностойкие в окислительной атмосфере, водороде, вакууме. Неустойчивы в атмосфере, содержащей серу и сернистые соединения, более жаропрочные, чем алюминиевые сплавы	Проволока для промышленных, лабораторных печей и бытовых приборов
Х15Н60	0,1–0,5	1,06–1,16	1000	950		Проволока и ленты для промышленных и лабораторных печей, электрических аппаратов теплового действия, реостатов и бытовых приборов
Х15Н60Н	0,51	1,07–1,17	1100	950		
Х20Н80	0,1–0,5 0,51–3	1,03–1,13 1,04–1,14	1100	1050		Проволока и ленты для промышленных и лабораторных печей, электрических аппаратов теплового действия, реостатов, электросопротивлений; микропроволока для бытовых приборов
Х20Н80Н	3,1–10	1,06–1,16	1200	1050	Окалиностойкие в окислительной атмосфере и в атмосфере, содержащей серу и сернистые соединения. Склонны к провисанию при высоких температурах	Проволока и ленты для реостатов, нагревательных элементов бытовых приборов, аппаратов
Х13Ю4	0,2–10,0	1,18–1,34	1000	900		
ОХ23Ю5	0,2–10	1,29–1,45	1200	1150		Проволока и ленты для промышленных и лабораторных печей, бытовых приборов, аппаратов, реостатов и свечей зажигания
ОХ23НЮА	0,2–10	1,3–1,4	1200	1175		То же, но с большим сроком службы
ОХ27НЮА	0,2–10	1,37–1,47	1300	1250		Проволока и ленты для высокотемпературных промышленных и лабораторных печей

Поправочные коэффициенты для расчета электрического сопротивления в зависимости от температуры приведены в **табл. 4.5.**

Поправочные коэффициенты для расчета электрического сопротивления в зависимости от температуры *Таблица 4.5*

Марка сплава	Температура нагрева, °С											
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Х15Н60 Х15Н60Н	1,013	1,029	1,046	1,062	1,074	1,083	1,083	1,089	1,097	1,105	–	–
Х20Н80 Х20Н80Н	1,006	1,016	1,024	1,031	1,035	1,025	1,019	1,017	1,021	1,028	1,038	–
Х13Н14	1,004	1,013	1,025	1,041	1,062	1,090	1,114	1,126	1,135	–	–	–
ХН60Н	–	0,984	1,000	1,022	1,040	1,021	1,012	1,008	1,013	1,015	1,031	–
ХН70Н	1,004	–	–	–	1,051	1,052	1,035	1,015	1,015	1,016	1,021	1,028

Основные характеристики сплавов с большим удельным сопротивлением приведены в **табл. 4.6.**

Основные характеристики сплавов с большим удельным сопротивлением *Таблица 4.6*

Материал	Плотность, 10^3 кг/м^3	Температура плавления, °С	Наибольшая рабочая температура, °С	Удельное электрическое сопротивление при 20 °С, 10^{-6} Ом·м	Температурный коэффициент сопротивления при 20 °С, град$^{-1}$	Применение
Нихром	8,2	1360	1000	1,1	$1{,}7 \cdot 10^{-4}$	Лабораторные и промышленные печи с рабочей температурой до 900 °С
Фехраль	7,6	1450	850	1,2	$5 \cdot 10^{-4}$	Бытовые электронагревательные приборы и промышленные электропечи с рабочей температурой до 650 °С
Константан	8,8	1270	450–500	0,5	$(0{,}2...5) \cdot 10^{-3}$	Реостаты и резисторы приборов низкого качества точности. Нагревательные элементы с температурой до 450 °С
Манганин	8,3	940	250–300	0,46	$\pm(3...6) \cdot 10^{-3}$	Эталонные и образцовые сопротивления, магазины сопротивлений и сопротивления приборов высокой точности
Нейзильбер	8,4	1050	200–250	0,35	$2{,}9 \cdot 10^{-6}$	Реостаты

Термоэлектродвижущая сила различных металлов приведена в **табл. 4.7.**

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Жаростойкие и жаропрочные сплавы

ONLINE ВИДЕО

Жаропрочные и жаростойкие стали

Термоэлектродвижущая сила различных металлов *Таблица 4.7*

Металл	ТермоЭДС	Металл	ТермоЭДС	Металл	ТермоЭДС
Железо	+1,75	Олово	+0,42	Кобальт	−1,75
Молибден	+1,24	Магний	+0,42	Никель	−1,76
Кадмий	+0,90	Алюминий	+0,39	Константан	−3,33
Цинк	+0,76	Уголь	+0,25	Свинец	−5,85
Серебро	+0,76	Ртуть	+0,01	Висмут	−6,86
Медь	+0,74	Платина	+0,00		
Иридий	+0,67	Натрий	−0,21		

Примечание. *Значения указаны при разности температур 100 °С по отношению к платине. Знак «+» указывает, что в месте спая ток направлен от данного металла к платине. Разность значений для любой пары дает действующую электродвижущую силу.*

Приближенные значения токов плавления проволоки из различных металлов приведены в **табл. 4.8.**

Приближенные значения токов плавления проволоки из разных металлов *Таблица 4.8*

Плавящий ток, А	Диаметр, мм					
	Медь	Алюминий	Никелин	Сталь	Олово	Свинец
1	0,039	0,066	0,065	0,132	0,183	0,210
2	0,069	0,104	0,125	0,189	0,285	0,325
3	0,107	0,137	0,185	0,245	0,380	0,425
5	0,180	0,193	0,25	0,345	0,53	0,60
7	0,203	0,250	0,32	0,45	0,66	0,78
10	0,250	0,305	0,39	0,55	0,85	0,95
15	0,32	0,400	0,52	0,72	1,02	1,25
20	0,39	0,485	0,62	0,87	1,35	1,52
25	0,46	0,560	0,73	1,00	1,56	1,98
30	0,52	0,640	0,81	1,15	1,77	2,20
35	0,58	0,700	0,91	1,26	1,95	2,44

Таблица 4.8 (продолжение)

Плавящий ток, А	Диаметр, мм					
	Медь	Алюминий	Никелин	Сталь	Олово	Свинец
40	0,63	0,77	0,99	1,38	2,14	2,44
45	0,68	0,83	1,08	1,50	2,30	2,65
50	0,73	0,89	1,15	1,60	2,45	2,78
60	0,82	1,00	1,30	1,80	2,80	3,15
70	0,91	1,10	1,43	2,00	3,10	3,50
80	1,00	1,22	1,57	2,20	3,40	3,80
90	1,08	1,32	1,69	2,38	3,65	4,10
100	1,15	1,42	1,82	2,55	3,90	4,40
120	1,31	1,60	2,05	2,85	4,45	5,00
160	1,59	1,94	2,28	3,20	4,90	5,50
180	1,72	2,10	2,69	3,70	5,80	6,50
200	1,84	2,25	2,89	4,05	6,20	7,00
225	1,99	2,45	3,15	4,40	6,75	7,60
250	2,14	2,60	3,35	4,70	7,25	8,10
275	2,20	2,80	3,55	5,00	7,70	8,70
300	2,40	2,95	3,78	5,30	8,20	9,20

Примечание. *Длина проволоки 5–10 см (в зависимости от диаметра).*

Контактные материалы

По роду работы различают три типа контактов: неподвижные, коммутирующие и скользящие.

Неподвижные контакты — зажимы, болтовые и винтовые соединения, скрутки, паянные и сваренные контакты. Качество зажимных контактов определяется их переходным сопротивлением, возникающим в местах непосредственного контакта. Улучшение поверхности и защита контактов от коррозии достигается путем пайки, сварки или покрытия коррозионно-устойчивыми хорошо проводящими металлами.

На воздухе при температурах до 75 °С все проводниковые металлы дают достаточно устойчивые переходные сопротивления. Важнейшим условием при этом является обеспечение необходимых удельных давлений на контактную поверхность.

Общей закономерностью для всех видов непаяных контактов является при прочих равных условиях обратная зависимость переходного сопротивления от нажатия. С повышением температуры за счет ускорения процесса коррозии переходное сопротивление резко возрастает, поэтому медные, алюминиевые и стальные контакты покрывают коррозионно-устойчивыми металлами.

При температуре 100—120 °С хорошо работают луженые, посеребренные или кадмированные контакты. Контакты из стали обязательно цинкуют или кадмируют.

Шинные контакты (обычно в виде полос), особенно при применении алюминия, рекомендуется зачищать стеклянной шкуркой под слоем вазелина; для меди и стали необходимо лужение оловянно-свинцовым припоем или чистым оловом.

Коммутирующие контакты — материалы разрывных электрических контактов — должны иметь малое удельное сопротивление и достаточно низкое и особенно стабильное переходное сопротивление, высокую стойкость против окисления, сваривания и эрозии, хорошую износоустойчивость и ряд технологических свойств.

Для изготовления **маломощных разрывных контактов**, применяемых главным образом в слаботочной технике, используют:

- металлы платиновой группы;
- золото и его сплавы;
- серебро и его сплавы;
- вольфрам, молибден и их сплавы.

Из **электроосаждаемых контактов** в виде тонких гальванических покрытий, работающих в отсутствии дуги, следует отметить серебро, золото, платину, палладий и особенно родий, сочетающий сравнительно низкое удельное сопротивление и очень высокую твердость.

Для изготовления **мощных разрывных**, а также **прецизионных** контактов в современной технике применяют различные металлокерамические композиции, так как использование металлов и их сплавов не дает удовлетворительных результатов. Металлокерамические контакты изготавливают из порошков металлов методом прессования из смеси заданного состава в форме уже готового изделия с последующим спеканием прессовок, повторным прессованием и отжигом.

Все марки контактов из металлокерамических композиций можно **разбить на группы**.

Контакты из композиций «серебро-окись кадмия» широко используются в технике низковольтного аппаратостроения, отличаются надежностью при повышенных токовых нагрузках и умеренных нажатиях на контакт. Обладают высокой износоустойчивостью, низким и стабильным переходным сопротивлением и повышенной дугостойкостью, но уступают в последнем случае контактам из композиций с присадками вольфрама. Выпускаются для пайки и сварки с подслоем серебра.

Контакты из композиций «серебро-окись меди» обладают низким и устойчивым переходным сопротивлением, высокой электрической износоустойчивостью и сопротивлением привариванию. При высоких

токовых нагрузках они более предпочтительны, чем контакты «серебро-окись кадмия». Выпускаются для пайки и сварки с подслоем серебра.

Контакты из композиций «серебро-никель» устойчивы к электрическому износу, обладают низким и устойчивым переходным сопротивлением и применяются в низковольтной аппаратуре постоянного и переменного тока с умеренными нагрузками. Уступают контактам типа **«серебро-окись кадмия»** и **«серебро-окись меди»** по сопротивлению привариванию, но более стойки, чем чистое серебро. Допускают пайку и сварку без подслоя серебра.

Контакты из композиций «серебро-никель-графит». Присадка графита повышает дугостойкость и сопротивление привариванию и позволяет применять эти контакты в низковольтной аппаратуре со значительными нагрузками, а также в воздушных автоматических выключателях, обычно в паре с контактами «серебро-никель».

Контакты из композиций «серебро-графит» обладают высокой дугостойкостью, сопротивлением привариванию и устойчивостью к механическому истиранию. Электрическая стойкость и механическая прочность относительно невелики. Применяются в паре с контактами «серебро-никель».

Контакты из композиций «серебро-вольфрам» высокоустойчивы к оплавлению, однако обладают повышенным переходным сопротивлением, возрастающим с увеличением присадки вольфрама. Применяются в воздушных высоковольтных выключателях в виде накладок на поверхности медных контактов.

Контакты из композиций «серебро-кадмий-никель» обладают более высокой электрической прочностью, чем контакты из серебра, и характеризуются особо стабильным и низким переходным сопротивлением. Применяются для высоковольтных схем.

Контакты из композиций «медь-вольфрам» обладают высоким сопротивлением износу, привариванию и окислению при больших токах. В связи с повышенным переходным сопротивлением нашли применение в высоковольтных, преимущественно в масляных выключателях, в условиях сильного дугообразования.

Контакты из композиций «медь-графит» применяются для контактов, размыкающих токи в 30—80 кА. С целью гарантии от приваривания эти контакты изготавливаются пористыми; они обладают невысокой прочностью, рассчитываются на небольшое число отключений и изготавливаются с медным подслоем.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Материалы, используемые для изготовления электрических контактов

Токопроводящие жилы

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Жилы силовых кабелей

Медные (М) и **алюминиевые (А)** токопроводящие жилы, используемые при изготовлении кабельной продукции, стандартизованы в соответствии с ГОСТ 22483-77 и полностью соответствуют рекомендациям МЭК (публ. 228, 1968). Жилы разделяются на 6 классов и могут иметь от одной до нескольких десятков проволок. Для кабельных изделий стационарной прокладки используются жилы 1 и 2 классов, жилы 3—6 классов используются для кабельных изделий повышенной гибкости.

Жилы могут быть **круглыми** или **фасонными (К или Ф), уплотненными** и **неуплотненными**, а алюминиевые жилы, кроме того, **с металлическим покрытием (МП)** или **без МП (БМП)**. Круглые медные жилы имеют **сечения** до 150 мм, круглые алюминиевые — до 300 мм.

Сведения о жилах 1—6 классов приведены в **табл. 4.9—4.12**.

Медные и алюминиевые жилы класса 1 *Таблица 4.9*

Площадь сечения жилы, мм²	Минимальное число проволок		Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20 °С, Ом		
	М	А	М (К или Ф)		А (К или Ф) МП или БМП
			нелуженая	луженая	
0,50	1	–	36,0	36,7	–
0,75	1	–	24,5	24,8	–
1,0	1	–	18,1	18,2	–
1,5	1	1	12,1	12,2	18,1
2,5	1	1	7,41	7,56	12,1
4,0	1	1	4,61	4,70	7,41
6,0	1	1	3,08	3,11	5,11
10	1	1	1,83	1,84	3,08
16	1	1	1,15	1,16	1,91
25	1	1	0,727	–	1,20
35	1	1	0,524	–	0,868
50	1	1	0,387	–	0,641
70	1	1	0,268	–	0,443
95	1	1	0,193	–	0,320
120	1	1	0,153	–	0,253
150	1	1	0,124	–	0,206
185	35	1	0,099	–	0,164
210	35	1	0,0754	–	0,125
300	35	1	0,0601	–	0,100

Таблица 4.9 (продолжение)

Площадь сечения жилы, мм²	Минимальное число проволок		Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20 °С, Ом		
	М	А	М (К или Ф)		А (К или Ф) МП или БМП
			нелуженая	луженая	
400	35	35	0,0470	–	0,0778
500	35	35	0,0366	–	0,0605
625	59	59	0,0283	–	0,0469
800	59	59	0,0221	–	0,0367
1000	59	59	0,0176	–	0,0291

Медные и алюминиевые жилы класса 2 *Таблица 4.10*

Номинальное сечение жилы, мм²	Минимальное число проволок						Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20 °С, Ом		
	Круглая жила				Фасонная жила		Медь		Алюминий
	неуплотненная		уплотненная						
	М	А	М	А	М	А	луженая	нелуженая	МП и БМП
0,50	7	–	–	–	–	–	36,0	36,7	–
0,75	7	–	–	–	–	–	24,5	24,8	–
1,0	7	7	–	–	–	–	18,1	18,2	35,4
1,5	7	7	6	–	–	–	12,1	12,2	22,7
2,5	7	7	6	–	–	–	7,41	7,56	12,4
4,0	7	7	6	–	–	–	4,61	4,70	7,41
6,0	7	7	6	–	–	–	3,08	3,11	5,11
10	7	7	6	–	–	–	1,83	1,84	3,08
16	7	7	6	6	–	–	1,15	1,16	1,91
25	7	7	6	6	6	6	0,727	0,734	1,20
35	7	7	6	6	6	6	0,524	0,529	0,868
50	19	19	6	6	6	6	0,387	0,391	0,641
70	19	19	12	12	12	12	0,268	0,270	0,443
95	19	19	15	15	15	15	0,193	0,195	0,320
120	37	37	18	15	18	15	0,153	0,154	0,253
150	37	37	18	15	18	15	0,124	0,126	0,206
185	37	37	30	30	30	30	0,0991	0,100	0,164
240	61	61	34	30	34	30	0,0754	0,0762	0,125
300	61	61	34	30	34	30	0,0601	0,0607	0,100
400	61	61	53	53	53	53	0,0470	0,0475	0,0778
500	61	61	53	53	53	53	0,0366	0,0369	0,0605
625	91	91	53	53	53	53	0,0283	0,0286	0,0469
630	91	91	53	53	53	53	0,0280	0,0283	0,0462
800	91	91	53	53	–	–	0,0221	0,0284	0,0367
1000	91	91	53	53	–	–	0,0176	0,0177	0,0291

Медные и алюминиевые жилы класса 3 *Таблица 4.11*

Номинальное сечение жилы, мм²	Диаметр проволоки, мм, не более	Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20 °С, Ом		
		Медь		Алюминий
		нелуженая	луженая	БМП или с МП
0,50	0,33	39,6	40,7	–
0,75	0,38	25,5	26,0	–
1,00	0,43	21,8	22,3	–
1,2	0,45	17,3	17,6	28,8
1,5	0,53	14,0	14,3	23,4
2,0	0,61	9,71	9,90	16,2
2,5	0,69	7,49	7,63	12,5
3	0,79	5,84	5,95	9,76
4	0,87	4,79	4,88	8,00
5	0,59	3,83	3,91	–
6	0,65	3,11	3,17	5,20
8	0,87	2,40	2,45	–
10	0,82	1,99	2,03	3,33
16	0,65	1,21	1,24	2,02
25	0,82	0,809	0,824	1,35
36	0,69	0,551	0,562	0,921
50	0,69	0,394	0,402	0,658
70	0,69	0,277	0,283	0,470
95	0,82	0,203	0,207	0,338
120	0,79	0,158	0,161	0,264
150	0,87	0,130	0,132	0,211
185	0,87	0,105	0,107	0,175
240	0,87	0,0798	0,0814	0,134
300	0,87	0,0654	0,0665	0,109
400	0,87	0,0499	0,0509	0,0835
500	0,87	0,0393	0,0401	0,0657

Медные жилы классов 4, 5 и 6 *Таблица 4.12*

Номинальное сечение жилы, мм²			Диаметр проволоки, мм, не более			Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20 °С, Ом					
						Нелуженая			Луженая		
4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
0,05	–	–	0,11	–	–	366,6	–	–	383,7	–	–
0,08	–	–	0,13	–	–	247,5	–	–	254,6	–	–
0,12	–	–	0,16	–	–	165,3	–	–	170,3	–	–
0,20	–	–	0,21	–	–	89,1	–	–	91,7	–	–
0,35	–	–	0,27	–	–	57,0	–	–	58,7	–	–
0,50	0,50	0,50	0,31	0,21	0,16	40,5	39,0	39,0	41,7	40,1	40,1
0,75	0,75	0,75	0,31	0,21	0,16	25,2	26,0	26,0	25,9	26,7	26,7
1,0	1,0	1,0	0,31	0,21	0,16	19,8	19,5	19,5	20,4	20,0	20,0

Таблица 4.12 (продолжение)

Номинальное сечение жилы, мм²			Диаметр проволоки, мм, не более			Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20 °С, Ом					
						Нелуженая			Луженая		
4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
1,2	–	–	0,41	–	–	16,0	–	–	16,5	–	–
1,5	1,5	1,5	0,41	0,26	0,16	13,2	13,3	13,3	13,6	13,7	13,7
2,0	–	–	0,43	–	–	9,97	–	–	10,3	–	–
2,5	2,5	2,5	0,43	0,26	0,16	8,05	7,98	7,98	8,20	8,21	8,21
3,0	–	–	0,53	–	–	6,52	–	–	6,65	–	–
4,0	4,0	4,0	0,53	0,31	0,16	4,89	4,95	4,95	4,99	5,09	5,09
5,0	–	–	0,53	–	–	3,82	–	–	3,90	–	–
6,0	6,0	6,0	0,53	0,31	0,21	3,28	3,30	3,30	3,35	3,39	3,39
8,0	–	–	0,53	–	–	2,45	–	–	2,49	–	–
10	10	10	0,53	0,41	0,21	2,00	1,91	1,91	2,04	1,95	1,95
16	16	16	0,53	0,41	0,21	1,21	1,21	1,21	1,24	1,24	1,24
25	25	25	0,53	0,41	0,21	0,776	0,78	0,78	0,792	0,795	0,795
35	35	35	0,59	0,41	0,21	0,547	0,554	0,554	0,558	0,565	0,565
50	50	50	0,59	0,41	0,31	0,393	0,386	0,386	0,401	0,393	0,393
70	70	70	0,59	0,51	0,31	0,281	0,272	0,272	0,286	0,277	0,277
95	95	95	0,59	0,51	0,31	0,201	0,206	0,206	0,205	0,210	0,210
120	120	120	0,69	0,51	0,31	0,162	0,161	0,161	0,165	0,164	0,164
150	150	150	0,69	0,51	0,31	0,129	0,129	0,129	0,132	0,132	0,132
185	185	185	0,69	0,51	0,41	0,104	0,106	0,106	0,106	0,108	0,108
240	240	240	0,69	0,51	0,41	0,081	0,080	0,080	0,082	0,082	0,082
300	300	300	0,69	0,51	0,41	0,065	0,064	0,064	0,066	0,065	0,065
400	400	–	0,69	0,51	–	0,048	0,049	–	0,049	0,049	–
–	500	–	–	0,61	–	–	0,038	–	–	0,039	–
–	630	–	–	0,61	–	–	0,029	–	–	0,029	–

ГЛАВА 5

ПРОВОДА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Обмоточные провода

Основное **назначение** — изготовление обмоток трансформаторов/дросселей, катушек реле, электрических машин и др. Обмоточные провода с эмалевой изоляцией подразделяются по следующим параметрам и обозначаются буквами:

- по типу эмалевой изоляции: поливинилацетатная (В — винифлекс, М — метальвин, У — полиуретановая, Э — полиэфирная, И — полиамидная, АИ — полиамидимидная, ЭИ — полиэфиримидная, Ф — полиэфирциануритимидная фреоностойкая);
- по форме сечения: без буквы — круглые, П — прямоугольные;
- по толщине изоляции: тип 1 — 1, тип 2 — без цифры;
- по конструктивному исполнению изоляции — без буквы — однослойная, Д — двухслойная, Т — трехслойная, Ч — четырехслойная, К — с термопластическим покрытием, склеивающимся под воздействием температуры;
- по температурному индексу, в °С — 105, 120,130, 155, 180, 200, 220 и выше;
- по материалу проволоки: без буквы — медная, БЖ — медная безжелезистая, МН — медная никелированная, А — алюминиевая мягкая, АТ — алюминиевая твердая из сплавов: ММ — манганиновая мягкая, МТ — манганиновая твердая, КМ — константановая мягкая, КТ — константановая твердая, НК — никель-кобальтовая.

Для проводов, указанных в **табл. 5.1**, минимальная рабочая температура — 60 °С, ресурс работы при максимальной рабочей температуре — 20 000 ч.

Провода обмоточные с эмалевой изоляцией, разработанные до 1987 г., сохранили **прежнюю систему обозначений**:

- **ПЭЛ** — медные, изолированные лаками на масляной основе;
- **ПЭВ-1** и **ПЭВ-2** — медные, изолированные лаком ВЛ-931;
- **ПЭТ-155** — медные, изолированные эмалевым лаком на полиэфиримидной основе;
- **ПЭШО** — медные с эмалевоволокнистой изоляцией, изолированные одним слоем шелковой нити;
- **ПЭЛО** — изолированные одним слоем полиэфирных нитей;
- **ПЭБО** — изолированные одним слоем хлопчатобумажной пряжи.

В соответствии с ГОСТ 26615-85 введено **новое обозначение обмоточных проводов** с эмалевой изоляцией, например: **ПЭАИ-2000, 100** — эмалированный провод с медной проволокой, круглый с полиамидной изоляцией с толщиной изоляции по типу 1, температурным индексом 200 °С и номинальным диаметром 0,1 мм.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Обмоточные провода. Виды и маркировка

ONLINE ВИДЕО

Обмоточные провода (эмалированный, литцендрат, TIW)

Высокочастотные обмоточные провода (литцендраты) предназначены для изготовления высокочастотных катушек контуров с высокой добротностью. Представляют собой пучок медных проволок диаметром 0,05; 0,07; 0,1; 0,2 мм в эмалевой изоляции каждый. Промышленность выпускает **высокочастотные обмоточные провода** следующих марок:

- **ЛЭП, ЛЭЛ** — без дополнительной изоляции;
- **ЛЭЛД** — с шелковой и лавсановой оплетками в два слоя;
- **ЛЭЛО** — то же, в один слой;
- **ЛЭПКО** — с капроновой оплеткой;
- **ЛЭШД** — с шелковой оплеткой в два слоя;
- **ЛЭШО** — то же, в один слой.

Основные параметры медных обмоточных проводов *Таблица 5.1*

Номинальный диаметр провода, мм	Площадь сечения провода, мм²	Сопротивление 1 км провода при 20 °С	Максимальный наружный диаметр, мм					Масса 1 км провода, кг		
			Тип 1	Тип 2	ПЭЛ	ПЭВ-2	ПЭШО	ПЭЛ	ПЭВ-2	ПЭШО
0,02	0,00031	54,9	0,025	0,027	0,027	–	–	0,0031	–	–
0,025	0,00049	35,1	0,031	0,034	0,034	–	–	0,0048	–	–
0,032	0,0008	21,4	0,04	0,043	0,043	–	–	0,0068	–	–
0,04	0,0013	13,7	0,05	0,054	0,05	–	–	0,0118	–	–
0,05	0,002	8,8	0,062	0,068	0,062	0,08	0,14	0,0182	0,019	0,038
0,063	0,003	5,5	0,078	0,085	0,078	0,09	0,16	0,029	0,029	0,049
0,071	0,004	4,4	0,088	0,095	0,086	0,1	0,16	0,0367	0,039	0,059
0,08	0,005	3,4	0,098	0,105	0,095	0,11	0,17	0,0464	0,05	0,07
0,09	0,0064	2,7	0,11	0,117	0,105	0,12	0,18	0,058	0,063	0,084
0,1	0,0078	2,2	0,121	0,129	0,12	0,13	0,19	0,073	0,076	0,096
0,112	0,01	1,8	0,134	0,143	0,135	0,14	0,2	0,09	0,094	0,118
0,125	0,012	1,4	0,149	0,159	0,145	0,155	0,22	0,113	0,117	0,142
0,14	0,015	1,1	0,166	0,176	0,16	0,17	0,23	0,141	0,145	0,173
0,15	0,018	1	0,176	0,187	0,17	0,19	0,24	0,162	0,166	0,186
0,16	0,02	0,86	0,187	0,199	0,18	0,2	0,25	0,185	0,189	0,22
0,17	0,022	0,76	0,198	0,21	0,19	0,21	0,26	0,208	0,213	0,245
0,18	0,025	0,68	0,209	0,222	0,2	0,22	0,27	0,232	0,237	0,271
0,19	0,028	0,61	0,22	0,234	0,21	0,23	0,28	0,259	0,264	0,299
0,2	0,031	0,55	0,23	0,245	0,225	0,24	0,3	0,287	0,292	0,324
0,21	0,035	0,5	0,243	0,258	0,235	0,25	0,31	0,316	0,322	0,354
0,224	0,039	0,44	0,256	0,272	0,249	0,27	0,33	0,358	0,366	0,399
0,25	0,049	0,35	0,284	0,301	0,275	0,3	0,35	0,446	0,454	0,495
0,265	0,055	0,31	0,3	0,32	0,29	0,315	0,39	0,503	0,51	0,55
0,28	0,062	0,28	0,315	0,334	0,315	0,33	0,4	0,56	0,568	0,61
0,3	0,07	0,24	0,337	0,355	0,335	0,35	0,42	0,645	0,652	0,695
0,315	0,078	0,22	0,352	0,371	0,352	0,365	0,44	0,71	0,69	0,76
0,335	0,088	0,2	0,374	0,393	0,372	0,385	0,46	0,809	0,784	0,857
0,355	0,098	0,17	0,385	0,414	0,396	0,415	0,48	0,899	0,884	0,966
0,38	0,11	0,15	0,421	0,441	0,42	0,44	0,5	1	1,013	1,1
0,4	0,12	0,14	0,442	0,462	0,44	0,46	0,52	1,14	1,15	1,21
0,425	0,14	0,12	0,469	0,489	0,47	0,49	0,55	1,29	1,3	1,36
0,45	0,16	0,11	0,495	0,516	0,495	0,51	0,59	1,44	1,45	1,53
0,475	0,18	0,1	0,521	0,543	0,525	0,54	0,61	1,61	1,65	1,7
0,5	0,24	0,088	0,548	0,569	0,548	0,57	0,63	1,78	1,79	1,87
0,53	0,22	0,078	0,579	0,6	0,578	0,6	0,66	2	2,01	2,1
0,56	0,28	0,07	0,611	0,632	0,63	0,63	0,69	2,23	2,25	2,33
0,6	0,18	0,061	0,653	0,676	0,65	0,67	0,73	2,56	2,58	2,67
0,63	0,31	0,055	0,684	0,706	0,68	0,7	0,76	2,82	2,85	2,93

Таблица 5.1 (продолжение)

Номинальный диаметр провода, мм	Площадь сечения провода, мм²	Сопротивление 1 км провода при 20 °С	Максимальный наружный диаметр, мм					Масса 1 км провода, кг		
			Тип 1	Тип 2	ПЭЛ	ПЭВ-2	ПЭШО	ПЭЛ	ПЭВ-2	ПЭШО
0,67	0,35	0,049	0,726	0,749	0,72	0,75	0,8	3,18	3,22	3,3
0,71	0,4	0,043	0,761	0,79	0,77	0,79	0,85	3,59	3,61	3,7
0,75	0,44	0,039	0,809	0,832	0,81	0,84	0,9	4	4,03	4,13
0,8	0,5	0,034	0,861	0,885	0,86	0,89	0,95	4,54	4,57	4,68
0,85	0,57	0,03	0,913	0,937	0,91	0,94	1	5,12	5,15	5,27
0,9	0,64	0,027	0,965	0,99	0,96	0,99	1,05	5,74	5,78	5,9
0,95	0,71	0,024	1,017	1,041	1,02	1,04	1,1	6,39	6,43	6,55
1	0,78	0,022	1,068	1,093	1,07	1.1	1,16	7,09	7,14	7,27
1,06	0,88	0,019	1,13	1,155	1,14	1,16	1,22	7,96	8,02	8,15
1,12	0,98	0,017	1,192	1,217	1,2	1,22	1,28	8,89	8,94	9,08
1,18	1,1	0,016	1,254	1,279	1,26	1,28	1,34	9,85	9,91	10,1
1,25	1,23	0,014	1,325	1,351	1,33	1,35	1,41	11	11,1	11,3
1,32	1,37	0,012	1,397	1,423	1,4	1,42	1,48	12,3	12,41	12,5
1,4	1,54	0,011	1,479	1,506	1,48	1,51	1,56	13,9	13,9	14,1
1,5	1,77	0,01	1,582	1,608	1,58	1,61	1,68	15,9	15,9	16,2
1,6	2	0,008	1,683	1,711	1,68	1,71	–	18,1	18,1	–
1,7	2,26	0,007	1,785	1,813	1,78	1,81	–	20,4	20,4	–
1,8	2,54	0,006	1,888	1,916	1,89	1,92	–	22,8	22,9	–
1,9	2,83	0,006	1,99	2,02	1,99	2,02	–	25,4	25,5	–
2	3,14	0,005	2,089	2,12	2,1	2,12	–	28,2	28,2	–
2,12	3,53	0,005	2,21	2,24	2,22	2,24	–	31,6	31,8	–
2,24	3,94	0,004	2,34	2,37	2,34	2,37	–	35,2	35,4	–
2,36	4,37	0,004	2,46	2,49	2,46	2,49	–	39,2	39,3	–
2,5	4,9	0,003	2,6	2,63	2,6	2,63	–	43,9	44,1	–

В **табл. 5.2** приведены основные параметры высокочастотных обмоточных проводов.

Основные параметры высокочастотных обмоточных проводов *Таблица 5.2*

Диаметр провода, мм	Число проволок в пучке	Площадь сечения провода, мм²	Сопротивление 1 км провода, Ом	Диаметр провода, мм					Масса 1 км провода, кг				
				ЛЭЛ	ЛЭШО, ЛЭЛО	ЛЭЛД, ЛЭШД	ЛЭП	ЛЭПКО	ЛЭЛ	ЛЭШО, ЛЭЛО	ЛЭЛД, ЛЭШД	ЛЭП	ЛЭПКО
0,05	10	0,02	1012	0,25	0,32	0,38	–	–	0,19	0,24	0,31	–	–
0,05	16	0,03	634	0,31	0,38	0,44	–	–	0,31	0,37	0,44	–	–
0,05	20	0,04	507	0,34	0,41	0,47	–	–	0,34	0,46	0,54	–	–
0,05	50	0,1	209	–	–	0,71	–	–	–	–	1,2	–	–

Таблица 5.2 (продолжение)

Диаметр провода, мм	Число проволок в пучке	Площадь сечения провода, мм²	Сопротивление 1 км провода, Ом	Диаметр провода, мм					Масса 1 км провода, кг				
				ЛЭЛ	ЛЭШО, ЛЭЛО	ЛЭЛД, ЛЭШД	ЛЭП	ЛЭПКО	ЛЭЛ	ЛЭШО, ЛЭЛО	ЛЭЛД, ЛЭШД	ЛЭП	ЛЭПКО
0,06	3	0,008	2300	–	–	–	0,2	–	–	–	–	0,08	–
0,06	5	0,014	1380	–	–	–	0,25	–	–	–	–	0,14	–
0,07	3	0,011	1660	–	–	–	0,22	–	–	–	–	0,11	–
0,07	8	0,031	624	0,29	0,36	0,42	0,35	0,4	0,3	0,35	0,42	0,31	0,33
0,07	10	0,038	499	0,33	0,4	0,46	0,39	0,44	0,37	0,43	0,5	0,39	0,41
0,07	12	0,046	416	–	0,42	0,48	0,42	0,47	–	0,5	0,59	0,46	0,47
0,07	16	0,062	312	–	0,47	0,54	0,47	0,52	–	0,67	0,76	0,62	0,66
0,07	20	0,077	249	–	0,52	0,59	0,53	0,57	–	0,83	0,92	0,78	0,81
0,07	27	0,104	190	–	0,58	0,65	–	–	–	1,1	1,21	–	–
0,07	32	0,123	161	–	0,63	0,7	–	–	–	1,28	1,41	–	–
0,07	50	0,193	103	–	0,82	0,89	–	–	–	2,01	2,18	–	–
0,07	60	0,231	86	–	0,92	0,98	–	–	–	2,4	2,58	–	–
0,07	80	0,308	64	–	1	1,07	–	–	–	3,17	3,36	–	–
0,07	120	0,462	43	–	1,19	1,26	–	–	–	4,7	4,92	–	–
0,07	160	0,616	32	–	1,48	1,55	–	–	–	6,24	6,52	–	–
0,07	250	0,963	21	–	1,82	1,89	2,06	2,03	–	9,69	10,1	9,77	9,76
0,07	630	2,42	8	–	2,98	3,18	–	–	–	25	26,2	–	–
0,07	1075	4,23	5	–	3,8	4	–	–	–	43,2	44,7	–	–
0,1	9	0,07	276	0,44	0,51	0,58	0,48	0,53	0,68	0,74	0,83	0,68	0,71
0,1	12	0,09	207	0,5	0,57	0,64	0,54	0,59	0,9	0,97	1,08	0,92	0,93
0,1	14	0,11	177	0,54	0,61	0,68	0,58	0,63	1,05	1,13	1,23	1,07	1,09
0,1	16	0,13	155	0,67	0,64	0,71	0,61	0,66	1,23	1,35	1,42	1,23	1,27
0,1	19	0,15	131	0,6	0,67	0,74	–	–	1,43	1,55	1,68	–	–
0,1	21	0,165	115	0,64	0,71	0,78	0,69	0,73	–	1,73	1,84	1,61	1,66
0,1	24	0,188	103	0,68	0,75	0,82	0,74	0,78	1,81	1,93	2,07	1,84	1,89
0,1	28	0,22	91	0,74	0,81	0,88	0,8	0,84	2,11	2,25	2,39	2,15	2,19
0,1	32	0,251	79	0,79	0,86	0,93	0,86	0,9	2,41	2,55	2,71	2,46	2,51
0,1	35	0,275	73	0,83	0,9	0,97	0,9	0,93	2,63	2,78	2,95	2,68	2,74
0,1	49	0,385	52	1,04	–	1,18	1,13	1,16	3,73	3,92	4,12	3,8	3,86
0,1	70	0,55	36	1,23	1,3	1,37	1,33	1,36	5,34	5,56	5,8	5,43	5,49
0,1	84	0,659	30	1,35	1,42	1,49	1,45	1,48	6,4	6,64	6,9	6,51	6,56
0,1	105	0,824	24	1,5	1,57	1,64	1,63	1,65	8,07	8,27	8,55	8,15	8,19
0,1	119	0,934	21	1,57	1,64	1,71	1,7	1,72	9,07	9,35	9,65	9,23	9,25
0,1	147	1,154	17	1,75	1,82	1,89	2,06	11,2	11,5	11,8	11,4	–	–
0,1	175	1,354	15	2,08	2,25	2,22	2,25	2,27	13,3	13,7	14	13,6	13,6
0,2	7	0,22	84	0,78	0,75	0,82	0,72	0,76	2,11	2,25	2,39	2,15	2,19
0,2	9	0,283	65	0,82	0,89	0,96	–	–	2,68	2,83	3	–	–
0,2	12	0,377	49	0,94	1,01	1,08	–	3,56	3,73	3,92	–	–	–
0,2	15	0,425	42	–	–	–	1,05	–	–	–	4,07	–	–
0,2	49	1,54	12	1,99	2,1	2,2	–	–	14,7	15,2	15,8	–	–

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Таблица высокого сопротивления проводов

Провода высокого сопротивления

Провода высокого сопротивления предназначены для изготовления резисторов, шунтов, спиралей, нагревательных приборов. Основные параметры проводов из манганина, константана и нихрома приведены в **табл. 5.3**.

Сопротивление 1 м провода высокого сопротивления, Ом *Таблица 5.3*

Диаметр жилы, мм	Манганин		Константан		Нихром	
	мягкий	твердый	мягкий	твердый	Х15Н60	Х20Н80
0,02	–	1370	–	–	–	3374
0,025	–	876	–	–	–	2160
0,03	606	655	655	693	1528	1500
0,04	342	369	369	390	857	844
0,05	220	237	237	260	550	535
0,06	152	164	164	172	386	379
0,07	112	121	121	127	281	278
0,08	85,4	73,1	77	79	216	213
0,09	67,7	65,2	67	69	170	168
0,1	54,8	59,2	59,2	62,4	138	136
0,12	38,1	41,1	41,1	43,6	95,7	94,7
0,15	24,3	26,3	26,3	27,7	61,1	60,5
0,18	16,9	18	18	19	43	42,1
0,2	13,7	14,8	14,8	15,6	35,3	34,1
0,22	11,3	–	12,1	12,9	29,2	28,2
0,25	8,8	9,5	9,5	10	22,6	21,8
0,28	–	–	7,55	7,96	18	17,4
0,3	6,1	6,6	6,6	6,9	15,3	15,2
0,32	–	–	–	–	13,8	13,3
0,35	4,5	4,8	4,8	5,1	11,3	11,1
0,38	3,8	–	4,1	4,3	–	–
0,4	3,4	3,7	3,7	3,9	8,59	8,52
0,45	2,7	2,9	2,9	3,1	7	6,7
0,5	2,2	2,4	2,4	2,5	5,7	5,5
0,55	1,8	1,96	1,96	2,06	–	–
0,6	1,52	1,65	1,65	1,73	4,07	3,82
0,65	1,36	1,4	1,4	1,5	–	–
0,7	1,12	1,21	1,21	1,27	2,91	2,84
0,75	0,97	–	1,05	1,12	–	–
0,8	0,85	0,92	0,92	0,97	2,23	2,17
0,85	–	–	0,82	0,86	–	–
0,9	0,67	0,73	0,73	0,77	1,76	1,72
1,0	0,55	0,59	0,59	0,62	1,42	1,39

Монтажные провода

Монтажные провода предназначены для электрических соединений элементов радиоэлектронной аппаратуры.

Монтажные провода выпускают **одножильными** и **многожильными**. Они бывают медные, серебряные, из нержавеющей стали, с покрытием сплавами ПОС, серебром или без покрытия. Для выполнения жесткого навесного монтажа применяют одножильные монтажные провода в трубчатой изоляции диаметром 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1; 1,2; 1,4; 1,5; 1,8; 2; 3; 4 мм луженые и посеребренные. **Сечение** монтажного провода выбирают в зависимости от тока, проходящего по нему (**табл. 5.4**).

Допустимый ток для медных монтажных проводов *Таблица 5.4*

Сечение провода, мм²	0,05	0,07	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1	1,5	2	4	6	10
Допустимый ток, А	0,7	1	1,3	2,5	3,3	5	7	10	14	17	25	30	45

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Монтажные провода и кабели их назначение и описание

ONLINE ВИДЕО

Монтажные провода ПВ-3/ПуГВ, НВ, ПВАМ, МГТФ, МГШВ, МПО

Основные параметры монтажных проводов приведены в **табл. 5.5**.

Основные параметры монтажных проводов *Таблица 5.5*

Марка	Конструкция	Сечение жилы, мм²	Максимальное рабочее напряжение, В	Интервал рабочих температур, °С
МГВ	Многопроволочный, изолированный полихлорвинилом	0,1; 0,2; 0,35;0,5; 0,75; 1,0	220	−40 ...+70
МГВЭ	То же, экранированный	0,75; 1,0	220	−40 ...+70
МШВ	Многопроволочный, изолированный двойной обмоткой из шелка	0,07; 0,2; 0,5; 0,75; 1,5	380	−50 ...+70
МГШВ	Многопроволочный, изолированный двойной обмоткой из искусственного или натурального шелка и полихлорвинилом	0,14; 0,2; 0,35	500	−50 ...+70
МГШВЭ	То же, экранированный	2×0,35; 2×0,5; 2×0,75; 3×0,35; 3×0,5; 3×0,75	500	−50 ...+70
МГШВЛ	То же, лакированный	0,5	1000	−60 ...+80

Таблица 5.5 (продолжение)

Марка	Конструкция	Сечение жилы, мм²	Максимальное рабочее напряжение, В	Интервал рабочих температур, °С
МГШД	Многопроволочный, изолированный двумя слоями оплетки из искусственного шелка	0,05; 0,07; 0,1; 0,2; 0,35; 0,5	60	−60 ...+90
МГШДЛ	То же, лакированный		250	−60 ...+ 100
МГШ	Многопроволочный, изолированный одним слоем оплетки из искусственного шелка	0,05; 0,1; 0,2; 0,35;0,5; 0,05; 0,07; 0,1	24	−60 ...+90
МГШДО	Многопроволочный, изолированный двойной обмоткой и оплеткой из искусственного шелка	0,05; 0,07; 0,1; 0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5	100	−60 ...+90
МОГ	Многопроволочный, изолированный обмоткой из хлопчатобумажной пряжи, лентами из лакошелка, обмоткой и оплеткой из шелка или капрона	0,3; 0,5	1000	−60 ...+60
МПМ	Многопроволочный, изолированный полиэтиленом	0,12; 0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5	250	−50 ...+100
МШП	Однопроволочный, изолированный обмоткой из шелка и полиэтиленом	0,07; 0,2; 0,5; 0,75; 1,0	380	−50 ...+70
МЭВ	С многопроволочной жилой в ПВХ оболочке, экранированный	2×0,2; 2×0,35; 4×0,35	380	−50 ...+70
ПМВ	Однопроволочный, изолированный полихлорвинилом	0,2; 0,5; 0,75	380	−60 ...+70
ПМВЭ	То же, экранированный	0,1; 0,2	500	−60 ...+70
ПМВГ	Многопроволочный, изолированный обмоткой из хлопчатобумажной пряжи или стекловолокна и полихлорвинилом	0,2; 0,35; 0,5; 0,75	380	−60 ...+70
ПМОВ	Однопроволочный, изолированный обмоткой из хлопчатобумажной пряжи или стекловолокна и полихлорвинилом	0,2; 0,35; 0,5; 0,75	380	−60 ...+70
ПМП	Однопроволочный, изолированный полиэтиленом	0,2; 0,5	380	−60 ...+70
МГШПЭ	Многопроволочный, изолированный обмоткой из шелка и полиэтиленом, экранированный	2×0,35; 2×0,5; 2×0,75; 2×1; 3×0,35; 3×0,5	500	−60 ...+70
МГШПЭВ	То же, изолированный полихлорвинилом	0,12; 0,2; 0,35	500	−60 ...+70
МГТЛ	Многопроволочный, изолированный обмоткой и оплеткой из лавсанового волокна, лакированный	0,12; 0,14; 0,2	250	−60 ...+150
МГТЛЭ	То же, экранированный	0,35; 0,5; 0,75	250	−60 ...+150
МГТФ	Многопроволочный, изолированный обмоткой и оплеткой из фторопластового волокна	0,07; 0,1; 0,14	250	−60 ...+220
МГТФЭ	То же, экранированный	0,1; 0,15; 0,2	250	−60 ...+220

Установочные и силовые провода

Установочные и силовые провода **предназначены** для распределения электроэнергии в силовых и осветительных установках при неподвижной прокладке их на открытом воздухе, внутри помещений, в трубах, под штукатуркой, а также в качестве гибких выводных концов для электрических машин.

Установочные и силовые провода **выпускаются** с резиновой и пластмассовой изоляцией на напряжения 380, 660, 3000 В, частотой 50 Гц. Монтаж проводов допускается при температуре не ниже +15 °С.

Провода с пластмассовой изоляцией допускают длительный нагрев жил до 70 °С, с резиновой изоляцией — до 65 °С, с **теплостойкой резиной** — до 85 °С, **с кремнийорганической резиновой изоляцией** — до 180 °С.

Сведения о номенклатуре установочных и силовых проводов, их конструкции и областях применения приведены в **табл. 5.6.**

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Технический справочник по кабелям и проводам

ONLINE ВИДЕО

5 ошибок при выборе кабелей

Марки, элементы конструкции и области применения установочных и силовых проводов *Таблица 5.6*

Марка	ГОСТ или ТУ. Наименование элементов проводов	Преимущественные области применения
Провода с резиновой изоляцией		
ПРТО	ТУ 16-705.465-87. Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Для прокладки в несгораемых трубах
АПРТО	То же. С алюминиевой жилой	То же
ПРН	ГОСТ 20520-75. Провод с медной жилой с резиновой изоляцией, в негорючей резиновой оболочке, не распространяющей горение	Для прокладки в сухих и сырых помещениях, в пустотных каналах несгораемых строительных конструкций и на открытом воздухе
АПРН	То же. С алюминиевой оболочкой	То же
ПРГН	То же. С медной гибкой жилой	Для прокладки при повышенной гибкости при монтаже и для соединения подвижных частей электрических машин в сухих и сырых помещениях, а также на открытом воздухе
АПРН	То же. С алюминиевой жилой	То же
АППР	ГОСТ 20520-75. Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, не распространяющей горение, с разделительным основанием	Для прокладки по деревянным поверхностям и конструкциям жилых, производственных и сельскохозяйственных помещений

Таблица 5.6 (продолжение)

Марка	ГОСТ или ТУ. Наименование элементов проводов	Преимущественные области применения
ПРД	ТУ 16.505.904-75. Провод гибкий с медной жилой, с резиновой изоляцией, в непропитанной оплетке, двухжильный, скрученный	В осветительных сетях сухих помещений
ПРВД	То же. Провод гибкий с медной жилой, с резиновой изоляцией, двухжильный, скрученный, в поливинилхлоридной оболочке	В осветительных сетях сухих и сырых помещений
АРТ	ГОСТ 14175-69. Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, с несущим тросом	Прокладка внутри помещений в сетях напряжением 660 В, где требуется повышенная механическая прочность
Провода в резиновой изоляции экранированные		
ПРП	ГОСТ 1843-69. Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в оплетке из стальных оцинкованных проволок	В осветительных и силовых цепях, вторичных сетях стационарных установок и механизмов при наличии легких механических воздействий на провод и отсутствии воздействия масел и эмульсии
ПРРП	То же. В резиновой оболочке	В осветительных и силовых цепях, вторичных цепях, в эскаваторах, машинах и механизмах при наличии механических воздействий на провод, воздействия масел, эмульсий
ПРФ	ГОСТ 1843-69. Провод с медной жилой, в резиновой изоляции, в фальцованной оболочке из сплава марки АМЦ	В осветительных и силовых сетях в сухих помещениях при наличии легких механических воздействий на провод (проводки в лестничных клетках, клубах, театрах и т. п.)
АПРФ	То же. С алюминиевой жилой	То же
ПРФл	То же. В оболочке из латуни	То же
Провода с пластмассовой изоляцией		
ПВ1	ГОСТ 6223-79. Провод с медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией	Для монтажа вторичных цепей, прокладки в трубах, пустотных каналах несгораемых строительных конструкций и для монтажа осветительных и силовых целей в машинах и станках
ПВ2	То же, гибкий	То же, и для монтажа цепей, где возможны изгибы провода
ПВ3	То же, повышенной гибкости	То же
ПВ4	То же, особо гибкий	То же
АПВ	То же. Провод с алюминиевой жилой и поливинилхлоридной изоляцией	То же
ПП	ТУ 16-К17.021-94. Провод с медной жилой и изоляцией из самозатухающего полиэтилена	То же
АПП	То же. С алюминиевой жилой	То же
ПГВ	ТУ 16-К17.021-94. Провод с медной гибкой жилой и поливинилхлоридной изоляцией	Для монтажа вторичных цепей, для гибкого монтажа при скрытой и открытой прокладках
ПГВА	То же	То же и для соединения автотракторного электрооборудования
ППВ	ГОСТ 6223-79. Провод с медными жилами и поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с разделительным основанием	Для монтажа силовых и осветительных цепей в машинах и станках и для неподвижной открытой прокладки

Таблица 5.6 (продолжение)

Марка	ГОСТ или ТУ. Наименование элементов проводов	Преимущественные области применения
АППВ	То же, с алюминиевыми жилами	То же
ППП	То же, с медными жилами и полиэтиленовой изоляцией	То же
АППП	То же, с алюминиевыми жилами и полиэтиленовой изоляцией	То же
ППВС	То же. Провод с медными жилами и поливинилхлоридной изоляцией, плоский, без разделительного основания	Для неподвижной скрытой прокладки под штукатуркой, для прокладки в трубах и пустотных каналах несгораемых строительных конструкций
АППВС	То же, с алюминиевыми жилами	То же
ППС	То же, с медными жилами и полиэтиленовой изоляцией	То же
АППС	То же, с алюминиевыми жилами и полиэтиленовой изоляцией	То же
АВТ	ТУ 16.К71-015-87. Провод с алюминиевыми жилами, с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, с несущим тросом	Прокладка наружная (для ввода в жилые дома и хозяйственные постройки) в сетях на напряжение 380 В в I и II районах гололедности
АВТУ	То же. С усиленным несущим тросом	То же, в III и IV районах гололедности
АВТВ	То же. Провод с алюминиевыми жилами, с поливинилхлолридной изоляцией с несущим тросом	Прокладка внутри помещений (в том числе животноводческих) в сетях на напряжение 380 В
АВТВУ	То же. С усиленным несущим тросом	То же, но где требуется повышенная механическая прочность
ВПП	ТУ 16.705.077-79. Медная жила, скрученная из мягкой проволоки, изоляция из полиэтилена низкой плотности, оболочка из термосветостабилизированного полиэтилена	Для присоединения водопогружаемых электродвигателей к сети
ВПВ	То же, с оболочкой из полихлорвинилхлоридного пластиката	То же
ПВВЗ	ТУ 16.К01.03-93. Провод с поливинилхлоридной изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке и с круглым защитным проводом	Для питания электроустановок при стационарной прокладке и электрического освещения, монтажа машин, механизмов, станков
Провода для выводов электрических машин и нагревостойкие		
ПРКА	ТУ 16.505.317-76. Провод термостойкий, с медной жилой, в изоляционно-защитной оболочке из кремнийорганической резины повышенной твердости, одножильный	При фиксированном монтаже внутри осветительной аппаратуры и в устройствах с температурой до 180 °С
ПВБЛ	ТУ 16.505.317-76. Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией на основе бутилкаучука, в оплетке из лавсановой нити	Для выводов электродвигателей при температуре до 105 °С
РКГМ	То же. Провод с медной жилой, с изоляцией из кремнийорганической резины, в оплетке из стекловолокна, пропитанной эмалью или термостойким лаком	В электроустановках на напряжение 600 В частотой до 400 Гц при отсутствии агрессивных сред и температуре эксплуатации от –60 °С до 180 °С
ПАЛ	То же. Провод с медной жилой, с асбестопленочной изоляцией, лакированный	Для стационарной прокладки в электроустановках, осветительных устройствах на номинальное напряжение 600 В, частотой 50 Гц, для работы при температуре от –50 °С до +200 °С

Таблица 5.6 (продолжение)

Марка	ГОСТ или ТУ. Наименование элементов проводов	Преимущественные области применения
ПАЛО	То же, облегченный	То же
ПВВТ	ТУ 16.К80-09-90. Провод выводной с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, теплостойкий	Для работы в электроустановках на напряжение 380 В частотой до 400 Гц в условиях агрессивных сред и масел при температурах от –40 °С до +105 °С
ПВКФ	То же. Провод выводной с двухслойной изоляцией из кремнийорганической и фторсилоксановой резины	То же, на напряжение 380 и 660 В при температуре эксплуатации от –60 °С до +180 °С, класс нагревостойкости Н
ПВФС	То же. Провод выводной с изоляцией из фторсилоксановой резины	Для работы в электроустановках на напряжение 600 В частотой до 400 Гц и 1140 В частотой 60 Гц в условиях агрессивных сред и масел при температурах от –60 °С до +180 °С, класс нагревостойкости Н
ПВКВ	То же. Провод выводной с двухслойной изоляцией из кремнийорганической резины	Для работы в электроустановках на напряжение 380 и 660 В частотой до 400 Гц при отсутствии агрессивных сред и масел при температурах от –60 °С до +180 °С, класс нагревостойкости Н
РКГН	То же. Провод выводной с изоляцией из кремнийорганической резины, в оплетке из стекловолокна, пропитанной кремнийорганической эмалью или лаком	Для работы в электроустановках на напряжение 380 и 660 В частотой до 400 Гц при отсутствии агрессивных сред и масел при температурах от –60 °С до +180 °С, класс нагревостойкости Н
РКГМПТ	То же. Провод выводной с изоляцией из кремнийорганической резины повышенной теплостойкости, в оплетке из стекловолокна, пропитанной кремнийорганической эмалью или теплостойким лаком	Для работы в электроустановках на напряжение 380 и 660 В частотой до 400 Гц при отсутствии агрессивных сред и масел при температурах от –60 °С до +200 °С, класс нагревостойкости С

В **табл. 5.7** указано число жил и номинальное сечение установочных проводов.

Число жил и номинальное сечение установочных проводов *Таблица 5.7*

Марка	Число основных жил	Номинальное сечение жилы, мм²
ПРТО	1	0,75–120
	2; 3	1–120
	4; 7	1,5–10
	10	1,5; 2,5
	14	1,5; 2,5
АПРТО	1; 2; 3	2,5–120
	7	2,5–10
ПРН, ПРГН	1	1,5–120
АПРН	1	2,5–120
АПГЛ	1	2,5–120
ПРГН	1	0,75–120
АППР	2; 4	2,5–10
	3	2,5

Марка	Число основных жил	Номинальное сечение жилы, мм²
АВТУ	2; 3; 4	4
ПВ1	1	0,5–10 и 16–95
ПВ2	1	2,5–95
ПВ3	1	0,5–95
ПВ4	1	0–10
ПБПП	2; 3	1,5–2,5
ПБППз	3	1,0–2,5
ПРП	1; 2; 3	1,0–95
	4–30	1,0–2,5
ПРРП	1; 2; 3	1,0–95
	4–30	1,0–2,5
АПРФ	1; 2; 3	2,5–4
ПРФ	1; 2; 3	1,0–4

Таблица 5.7 (продолжение)

Марка	Число основных жил	Номинальное сечение жилы, мм²
ПРФл	м	1,0–4
ПРД	1	0,75–6
ПРВД	2	1,0–6
	3	4; 6
	4	4–35
АВТВ	2; 3; 4	2,5

Марка	Число основных жил	Номинальное сечение жилы, мм²
АВТ	2; 3; 4	2,5
	4	6; 10; 16
АВТВУ	2; 3; 4	4
	4	6; 10; 16
ПУНП	2; 3	1,0; 1,5–6,0
ПРКА	1	0,5–2,5

Соединительные шнуры

Соединительные шнуры **используются** для присоединения к сети напряжением до 660 В бытовых приборов и электрических машин, телевизоров, радиоаппаратуры. Шнуры **изготавливают** с резиновой изоляцией, изоляцией из поливинилхлоридной пластмассы (ПВХП), кремнийорганической резины.

ONLINE ВИДЕО

Монтаж с использованием ПуГВ. Учебное видео.

ONLINE ВИДЕО

Разница между кабелем и шнуром

ГЛАВА 6

ПРИПОИ И ФЛЮСЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Назначение и классификация припоев

Для пайки соединений проводниковых материалов в зависимости от предельно допустимых рабочих температур и требуемой прочности паяного шва применяются **мягкие и твердые припои**.

К **мягким** относятся припои с температурой плавления до 400 °С, а к **твердым** — свыше 500 °С. Припои с температурами выше температуры плавления чистого олова в интервале до 400 °С называются **полутвердыми**.

Мягкие и полутвердые припои имеют **предел прочности** при растяжении до 50—70 МПа и применяются для пайки токоведущих частей, не являющихся одновременно несущими конструкциями машин или аппаратов.

ONLINE ВИДЕО

Обзор припоев — дорогие VS дешевые

ONLINE ВИДЕО

Обзор 19 китайских оловянно-свинцовых припоев Sn60-Sn63

ONLINE ВИДЕО

Польский припой Cynel и российский припой ПОС 61 от «Векта 21 век»

Пайка мягкими и полутвердыми припоями осуществляется паяльником или погружением деталей в расплавленный припой, соединяемые поверхности при этом предварительно облуживаются, как правило, припоем той же марки и покрываются обычно канифолью (флюсом).

Оловянно-свинцовые припои выпускаются в виде слитков, прутков, проволоки, ленты и трубок, заполненных канифолью.

Твердые припои имеют предел прочности до 500 МПа и применяются в качестве припоев первой категории прочности при пайке токоведущих частей, быстроходных, допускающих высокий нагрев электрических машин и деталей, воспринимающих основную механическую нагрузку.

Состав мягких и полутвердых припоев

Твердая пайка осуществляется электроконтактным способом, графитовыми или медными электродами либо с помощью дуговой сварки. Мелкие детали паяют с помощью автогена. При электроконтактном способе припой укладывается заранее между соединяемыми деталями или вносится в соединение в процессе пайки, сварка осуществляется без присадки металла путем сплавления концов соединяемых деталей.

Для **электроконтактной пайки серебряными припоями** в качестве флюса обычно служит бура. Пайка самофлюсующимися припоями, в состав которых входит фосфор, и сварка в защитной атмосфере осуществляются без применения флюса.

Припои с содержанием фосфора для пайки сталей и чугуна и соединений, подвергающихся ударам и вибрациям, из-за хрупкости паяного шва применять нельзя. Классификация и химический состав мягких и полутвердых припоев приведены в **табл. 6.1.**

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Припои для пайки проводниковых материалов

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Припои для пайки металлов: информация только по существу

Классификация и химический состав мягких и полутвердых припоев *Таблица 6.1*

Наименование припоя	Марка	Химический состав, %						
		Олово	Сурьма	Кадмий	Медь	Свинец	Серебро	Индий
Олово	О2	99,9	–	–	–	–	–	–
Бессурьмянистые	ПОС61	60–62	–	–	–	Ост.	–	–
	ПОС40	39–41	–	–	–	–	–	–
	ПОС10	9–10	–	–	–	–	–	–
	ПОС61М	60–62	–	–	1,5–2,0	–	–	–
Сурьмянистые	ПОССу95-5	94–96	4–5	–	–	Ост.	–	–
Серебряные	ПРЗКд	–	–	96±1	–	–	3,5±0,5	–
Малосурьмянистые	ПОСК50-18	45–51	–	17–19	–	–	–	–
	ПОССу61-0,5	60–62	0,2–0,5	–	–	Ост.		–
	ПОССу40-0,5	39–41	–	–	–	–	–	–
	ПОССу30-0,5	29–41	–	–	–	–	–	–
	ПОССу18-0,5	17–18	–	–	–	–	–	–
Индиевые	ПСР2,5	5,5±0,5	–	–	–	92±1	2,5±0,3	–
	ПОСИЗО	42	–	–	–	28	–	3
	ПСрЗИ	–	–	–	–	–	3	97

Свойства мягких и полутвердых припоев

Физико-механические свойства мягких и полутвердых припоев приведены в **табл. 6.2.**

Физико-механические свойства мягких и полутвердых припоев *Таблица 6.2*

Марка припоя	Температура плавления, °С		Плотность, кг/м³	Электрическая проводимость, % проводимости меди	Предел прочности при растяжении, МПа	Ориентировочная температура пайки, °С
	Солидус	Ликвидус				
О2	232	232	7310	13,9	25	280
ПОС61	183	190	8500	12,6	43	240
ПОС40	183	238	9300	11,1	38	290
ПОС10	268	299	10800	8,8	32	350
ПОС61М	268	192	8500	12,8	45	240
ПОСК50-18	183	145	8800	13,2	40	185
ПОССу61-0,5	142	189	8500	12,6	45	240
ПОССу40-0,5	183	235	9300	10,4	40	285
ПОССу30-0,5	183	255	9700	9,8	36	306

Таблица 6.2 (продолжение)

Марка припоя	Температура плавления, °С		Плотность, кг/м³	Электрическая проводимость, % проводимости меди	Предел прочности при растяжении, МПа	Ориентировочная температура пайки, °С
	Солидус	Ликвидус				
ПОССу18-0,5	183	277	10200	8,9	36	325
ПОССу95-5	234	240	7300	12,1	40	290
ПСр3Кд	300	325	8700	22,4	54	360
ПСр2,5	295	305	11000	8,8	–	355
ПОСИЗО	117	200	8420	–	–	250
ПСр3И	141	141	7360	–	–	190

Применение мягких и полутвердых припоев

Преимущественные области применения мягких и полутвердых припоев приведены в **табл. 6.3.**

Преимущественные области применения мягких и полутвердых припоев *Таблица 6.3*

Марка припоя	Область применения
О2	Лужение и пайка коллекторов, якорных секций и обмоток электрических машин с изоляцией класса Н, лужение ответственных неподвижных контактов, в том числе содержащих цинк
ПОС61; ПОССу61-0,5; ПОС61М	Горячее лужение и пайка меди и ее сплавов, серебра, ковара, никеля и его сплавов. Пайка токоведущих частей электрических машин и аппаратов, работающих при температуре до 160 °С
ПОС40; ПОССу40-0,5	Горячее лужение и пайка меди и ее сплавов, сталей и различных металлов с покрытием оловом, серебром, никелем. Пайка бандажей коллекторов и якорных секций большинства типов электрических машин, а также приборов, соприкасающихся с морской водой
ПОССу3О-0,5	Горячее лужение и пайка меди и ее сплавов, железа, углеродистых и нержавеющих сталей. Лужение и пайка проводов, кабелей, бандажей, различных деталей аппаратуры и приборов, работающих при температуре до 160 °С
ПОСК50-18	Пайка деталей из меди и ее сплавов, чувствительных к перегреву, в том числе пайка алюминия, лакированного медью. Пайка керамики, стекла и пластиков, металлизированных оловом, серебром, никелем
ПОС10; ПОССу18-0,5	Лужение и пайка контактных поверхностей электрических аппаратов, приборов, реле и других деталей менее ответственного назначения массового производства
ПОССу95-5; ПСр3Кд	Горячее лужение и пайка коллекторов, якорных секций, бандажей и токоведущих соединений электрических машин нагревостойкого исполнения и с повышенными частотами вращения; пайка трубопроводов и различных деталей электрооборудования
ПОСИЗО; ПСр3И	Пайка меди и ее сплавов и других металлов, неметаллических материалов и стекла с металлическими покрытиями. Пайка деталей радиоэлектронной аппаратуры. Обладают высокой жидкотекучестью и обеспечивают хорошее сцепление спаиваемых поверхностей

Примечание. *Сурьмянистые припои не рекомендуется применять для пайки цинковых и оцинкованных деталей.*

ONLINE ВИДЕО

Тест мягких припоев. Методика и небольшой ликбез

ONLINE ВИДЕО

Какие припои использовать при ремонте холодильника?

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Марки припоев, состав и свойства, применение: От чего зависит выбор?

Свойства мягких припоев с низкой температурой плавления

Параметры мягких припоев с низкой температурой плавления приведены в **табл. 6.4.**

Мягкие припои (сплавы) с низкой температурой плавления *Таблица 6.4*

Наименование сплава	Химический состав, %						Температура плавления, °С	
	Олово	Свинец	Кадмий	Висмут	Серебро	Индий	Солидус	Ликвидус
Вуда	12–13	24,5–25,6	12–13	49–51	–	–	66	70
Розе	24,5–25,5	24,5–25,6	–	49–51	–	–	90	92
Д'Арсе	9,6	45,1	–	45,3	–	–	–	79
Липовица с индием	11,8	22,2	8,5	42	–	15,5	–	48

Примечание. *Применяются в радиосхемах с полупроводниковыми приборами и в схемах, где припой используется в качестве температурного предохранителя.*

ONLINE ВИДЕО

Каким припоем лучше паять: серебряным или медно-фосфорным?

ГЛАВА 7

СИЛОВЫЕ ДИОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Диоды — это не только единичные компоненты. Часто диоды являются составной частью транзисторных модулей. Виды типовых диодных модулей показаны на **рис. 7.1**.

Диоды общего назначения (General Purpose Diodes):

- имеют относительно большое время восстановления (25 нс);
- используются в низкочастотных устройствах (1 кГц);
- имеют большую силу тока (1...10000 А);
- имеют высокий уровень напряжения (50...5000 В);
- обычно изготавливаются с использованием диффузионного процесса.

Быстродействующие диоды:

- имеют малое (low) время восстановления (менее 5 нс);
- используются и в импульсных источниках питания, и в инверторных схемах;
- имеют достаточно большую силу тока (1...3000 А);
- имеют достаточно значительную величину напряжения (50...2000 В);
- для напряжения около 400 В при изготовлении этих диодов используют эпитаксиальную подложку для более быстрого переключения, со временем восстановления 50 нс.

ONLINE ВИДЕО

Типы и особенности силовых диодов. Схемотехника

ONLINE ВИДЕО

Отечественные силовые диоды и их маркировка

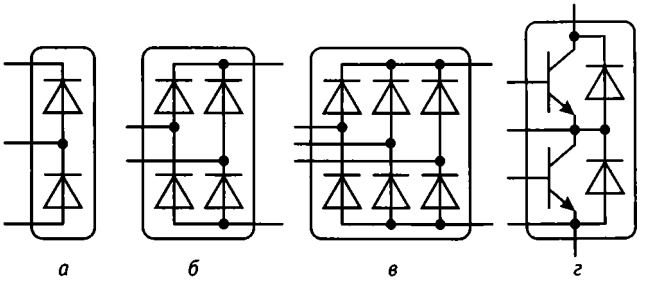


Рис. 7.1. *Типовые диодные модули:*
а – двойной модуль; б – диодный мост;
в – трехфазный мост; г – двойной диодно-транзисторный модуль

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Справочник «Лавинные диоды»

ONLINE ВИДЕО

Лавинный пробой p-n перехода

ONLINE ВИДЕО

Маркировка импортных диодов по системе PRO

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

IXYS SEMICONDUCTOR Диоды Шоттки

Диоды Шоттки обладают такими особенностями:

- барьерный потенциал, создаваемый в кремнийметаллическом переходе анода, устраняет проблему накопления заряда, металлический слой осажден на тонком эпитаксиальном N-слое;
- неосновные носители отсутствуют, поэтому время рекомбинации равно нулю, но процесс переключения зависит только от основных носителей;
- на время восстановления оказывает влияние емкостное сопротивление кремнийметаллического перехода;
- имеют относительно низкое прямое падение напряжения, обусловленное уровнем концентрации примесей, барьерный потенциал с уровнем 0,2...0,9 В;
- больший ток утечки (до 100 мА);
- малый ток (1...300 А);
- низкий уровень напряжения (<100 В).

Силовые диоды Зенера (полупроводниковые стабилитроны):

- сильно легированы и созданы для работы в области лавинного пробоя;
- длительная мощность имеет средний показатель (250 мВт ... 75 Вт);
- могут использоваться для подавления помех как ограничитель, при этом поглощают в импульсе до 50 кВт.

ГЛАВА 8

СИЛОВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

MOSFET *– это аббревиатура от английского словосочетания Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor (Металл-Оксидные Полупроводниковые Полевые Транзисторы).*

ПРИМЕЧАНИЕ

Данный класс транзисторов отличается минимальной мощностью управления при значительной выходной (сотни ватт). Необходимо отметить чрезвычайно малые значения сопротивления в открытом состоянии (десятые доли ома при выходном токе в десятки ампер), а, следовательно, минимальную мощность, выделяющуюся на транзисторе в виде тепла.

Обозначение этого типа транзисторов показано на **рис. 8.1.** Для сокращения числа внешних компонентов в транзистор может быть встроен мощный высокочастотный демпферный диод.

К неоспоримым **преимуществам MOSFET транзисторов** перед биполярными можно отнести следующие:

- **во-первых**, минимальная мощность управления и большой коэффициент усиления по току обеспечивает простоту схем управления (есть даже разновидность MOSFET, управляемых логическими уровнями);

- **во-вторых**, большая скорость переключения (при этом минимальны задержки выключения, обеспечивается широкая область безопасной работы);
- **в-третьих**, возможность простого параллельного включения транзисторов для увеличения выходной мощности;
- **в-четвертых**, устойчивость транзисторов к большим импульсам напряжения (dv/dt).

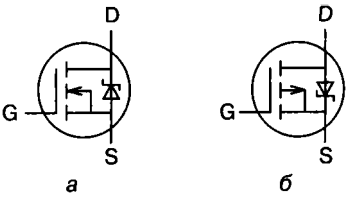


Рис. 8.1. Обозначение MOSFET транзисторов (G – затвор, D – сток, S – исток): а – N-канальный; б – P-канальный

Данные приборы находят широкое применение в устройствах управления мощной нагрузкой, импульсных источниках питания. Область их применения ограничена максимальным напряжением сток-исток (до 1000 В).

MOSFETты с N-каналом наиболее популярны для коммутации силовых цепей. Напряжение управления или напряжение, приложенное между затвором и истоком для включения MOSFET, должно превышать порог U_T = 4 В, фактически необходимо 10–12 В для надежного включения MOSFET. Снижение напряжения управления до нижнего порога U_T приведет к выключению MOSFET.

Силовые MOSFET выпускают различные производители:

- HEXFET (фирма NATIONAL);
- VMOS (фирма PHILLIPS);
- SIPMOS (фирма SIEMENS).

На **рис. 8.2** показано сходство внутренней структуры HEXFET, VMOS и SIPMOS. Они имеют вертикальную четырехслойную структуру с чередованием P и N слоев.

Если напряжение, приложенное к выводам затвора, выше порогового уровня, напряжение на затворе смещается относительно истока, создавая инверсный N-канал под пленкой оксида кремния, который соединяет исток со стоком для протекания тока.

Проводимость MOSFET обеспечивается за счет основных носителей, так как отсутствуют инжектированные неосновные носители в канале. Это не приводит к накоплению заряда, что ускоряет процесс переключения. Во включенном состоянии зависимость между током и напряже-

ONLINE ВИДЕО

Виды транзисторов NPN PNP MOSFET JFET

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

MOSFET-транзисторы Vishay Siliconix

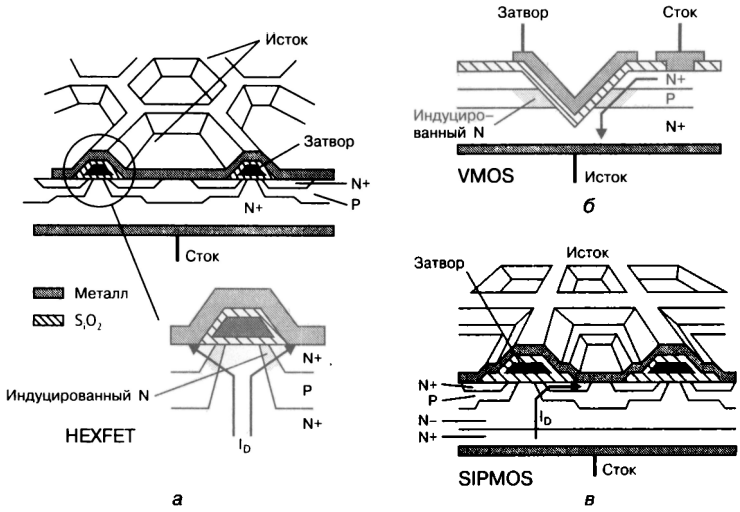


Рис. 8.2. *Внутренние структуры транзисторов:*
а – HEXFET; б – VMOS; в – SIPMOS

нием почти линейна, как и сопротивление, которое рассматривается как сопротивление канала в открытом состоянии.

Эквивалентная цепь MOSFET показана на **рис. 8.3**. Два емкостных сопротивления между затвором и истоком, затвором и стоком приводят к задержке переключения, если драйвер не может поддерживать большой ток включения. Еще одно емкостное сопротивление транзистора находится между стоком и истоком, но из-за внутренней структуры транзистора шунтируется паразитным диодом, образованным между стоком и истоком. К сожалению, паразитный диод не быстродействующий и его не следует принимать во внимание, а для ускорения переключения вводится дополнительный шунтирующий диод.

Рассмотрим **основные параметры, характеризующие MOSFET транзисторы**.

ONLINE ВИДЕО

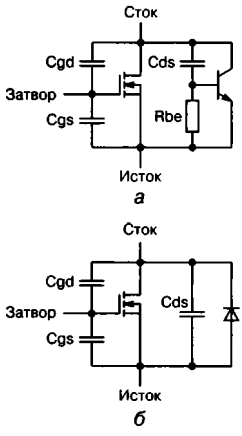
Транзистор полевой, биполярный, MOSFET, IGBT

ONLINE ВИДЕО

Чем MOSFET лучше биполярного транзистора

ONLINE ВИДЕО

Что такое АУДИО-MOSFET транзистор?



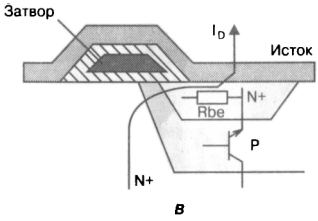


Рис. 8.3. *Схема замещения и внутренняя структура MOSFET:*
а – первый вариант; б – второй вариант с замещением транзистора диодом; в – внутренняя структура, соответствующая первому варианту

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Силовые транзисторы

Максимальное напряжение «сток-исток», U_{DS} — максимальное мгновенное рабочее напряжение.

Продолжительный ток стока, I_D — максимальный ток, который может проводить MOSFET, обусловленный температурой перехода.

Максимальный импульсный ток стока, I_{DM} — больше, чем I_D и определен для импульса заданной длительности и рабочего цикла.

Максимальное напряжение «затвор-исток» age), U_{GS} — максимальное напряжение, которое может быть приложено между затвором и истоком без повреждения изоляции затвора.

Кроме того:

- пороговое напряжение затвора, U_T $\{U_{TH}, U_{GS}\}$;
- U_T — минимальное напряжение на затворе, при котором транзистор включается.

ONLINE ВИДЕО

МОП MOSFET транзистор. Принцип работы в анимации

ONLINE ВИДЕО

Полевые MOSFET транзисторы с изолированным затвором

ONLINE ВИДЕО

MOSFET транзисторы SupreMOS Fairchild Semiconductor на 600В

ГЛАВА 9

СИЛОВЫЕ ТИРИСТОРЫ И СИМИСТОРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Тиристоры лавинные

Лавинные тиристоры — приборы с контролируемым лавинообразованием, имеют герметичный корпус из металлокерамики. Внутренние контакты — прижимные, что обеспечивает большую устойчивость к циклическим нагрузкам.

В **режиме лавинного пробоя** в обратном направлении их мощность максимальна. Технология их производства схожа с технологией изготовления лавинных диодов.

Ток переключения значительно увеличивается в лавинных тиристорах, опять же, за счет применения распределенного шунтирования. Они способны рассеивать большую мощность при прохождении обратного тока, чем при использовании обычных управляемых вентилей.

Область применения зависит от частоты тока и серии. В лавинных тиристорах используется принцип распределенного шунтирования, благодаря чему обеспечивается достаточная стабилизация температурного напряжения переключения. В результате плотность рабочего тока также остается в норме. Несмотря на это, даже в случае больших перегрузок напряжение переключения практически не снижается.

Отличительные особенности лавинных тиристоров, выделяющие их среди других разновидностей:

- их работа возможна без дополнительных защитных устройств;
- даже при подаче большого напряжения не повреждаются;

ONLINE ВИДЕО

Как работает тиристор?

ONLINE ВИДЕО

Как работает тиристор? Самое понятное объяснение!

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Тиристоры лавинные

- равномерное распределение напряжения между вентилями не является необходимым условием.

Тиристоры лавинные **используются**:

- в преобразователях частоты;
- в полууправляемых и управляемых выпрямительных мостах;
- в регуляторах переменного тока;
- в мощных электроприводах, применяемых для транспорта и промышленности;
- в регулируемых выпрямителях и других устройствах.

Обозначения в **табл. 9.2**: $U_{обр}$ — максимальное обратное напряжение; $I_{обр}$ — максимально допустимый обратный ток; $I_н$ — максимальный прямой постоянный ток; $I_{имп}$ — ток в импульсе; $I_{пр}$ — прямое сопротивление в открытом состоянии; $R_{пр}$ — сопротивление в открытом состоянии; $U_{упр}$ — напряжение управления; $I_{упр}$ — ток управления; $R_{тепл}$ — тепловое сопротивление (°С/Вт); t — время закрывания.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Тиристоры лавинные

ONLINE ВИДЕО

Лавинный тиристор

Характеристики лавинных тиристоров *Таблица 9.2*

Тип	$U_{обр}$, В	$I_{обр}$, мА	$I_{пр}$, А (T_C, °С)	$I_{имп}$, кА	$R_{пр}$, М	$U_{упр}$, В	$I_{упр}$, мА	$R_{тепл}$, °С / Вт	t, мкс
ТЛ271-250	600–1200	35	250 (100)	6	0,95	3,5	250	0,08	100
ТЛ271-320	600–1200	35	320 (100)	8,5	0,53	3,5	250	0,08	100
ТЛ371-250	600–1200	35	250 (100)	6	0,95	3,5	250	0,1	250
ТЛ371-320	600–1200	35	320 (100)	8,5	0,53	3,5	250	0,085	250

Тиристоры быстродействующие

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Тиристоры быстродействующие

Быстродействующие (частотно-импульсные) тиристоры благодаря специальной топологии катодного эмиттера (отличие от серии ТБ) имеют малое время полного включения и низкие потери энергии при работе с большими скоростями нарастания тока нагрузки. В сочетании с малыми значениями времен задержки включения, нарастания тока и времени выключения, это позволяет эффективно использовать ТБИ на частотах до 10 кГц, а в некоторых случаях — до 20 кГц и выше (в многофазных последовательных резонансных инверторах напряжения на частотах до 50 кГц).

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Тиристоры быстродействующие ТБ233-250, ТБ233-320, ТБ233-400, ТБ243-400, ТБ243-500, ТБ243-630

Основные особенности:

- герметичные металлокерамические корпуса штыревой и таблеточной конструкции;
- низкие времена выключения;
- низкие потери при переключении;
- разветвленный управляющий электрод с усилением сигнала управления для быстрого включения и высоких di/dt.

Области применения:

- мощные электропривода для промышленности и транспорта;
- индукционный нагрев;
- электросварка;
- источники бесперебойного питания.

Симметричные триодные тиристоры — симисторы

Симистор (симметричный триодный тиристор) — полупроводниковый прибор способный проводить ток в обе стороны. Имеет три вывода: один является управляющим, а два других силовыми.

Конструкция симистра строится на использовании двух встречно-параллельных тиристоров с общим управлением. Поскольку электроток может протекать в обе стороны, нет смысла обозначать силовые выводы как анод и катод. Дополняет общую картину управляющий электрод.

Исходно полупроводниковый прибор находится в запертом состоянии и ток по нему не проходит. При подаче тока на управляющий элек-

трод, последний переходит в открытое состояние, и симистор начинает пропускать через себя ток. При работе от сети переменного тока полярность на контактах постоянно меняется.

Чтобы симистор выполнял свои функции, на управляющий электрод подают импульс тока, после снятия импульса ток через условные анод и катод продолжает протекать до тех пор, пока цепь не будет разорвана или они не будут находится под напряжением обратной полярности.

При использовании в цепи переменного тока симистор закрывается на обратной полуволне синусоиды, тогда нужно подавать импульс противоположной полярности (той же, под которой находятся «силовые» электроды элемента).

Принцип действия системы управления может корректироваться в зависимости от конкретного случая и применения. После открытия и начала протекания подавать ток на управляющий электрод не нужно. Цепь питания разрываться не будет. При надобности отключить питание следует понизить ток в цепи ниже уровня величины удержания или кратковременно разорвать цепь питания.

Управляющие сигналы. Чтобы добиться желаемого результата с симистором используют не напряжение, а ток. Чтобы прибор открылся, он должен быть на определенном небольшом уровне. Для каждого симистора сила управляющего тока может быть разной, ее можно узнать из даташита на конкретный элемент. Например, для симистора КУ208 этот ток должен быть больше 160 мА, а для КУ201 —не менее 70 мА.

Полярность управляющего сигнала должна совпадать с полярностью условного анода. Для управления симистором часто используют выключатель и токоограничительный резистор, если он управляется микроконтроллером – может понадобиться дополнительная установка транзистора, чтобы не сжечь выход МК, или использовать симисторный оптодрайвер, типа MOC3041 и подобных.

При отсутствии симистора он может быть заменен двумя тиристорами. При этом следует правильно подбирать их параметры и переделывать схему управления. Ведь сигнал будет подаваться на два управляющих вывода.

Недостатки симистров:

- сильно нагреваются под нагрузкой, приходится обеспечивать отвод тепла, а мощные (или «силовые») симисторы мнужно устанавливать на радиаторы;
- создание гармонических помех в электросети некоторыми схемами симисторных регуляторов (например, бытовой диммер для регулировки освещенности).
- напряжение на нагрузки будет отличаться от синусоиды, что связано с минимальным напряжением и током, при которых возмож-

но включение. Из-за этого подключать следует только нагрузку, не предъявляющую высоких требований к электропитанию. При постановке задачи добиться синусоиды такой способ коммутации не подойдет;

- сильно подвержены влиянию шумов, переходных процессов и помех;
- не поддерживаются высокие частоты переключения.

Область применения. Самый популярный вариант использования — коммутация в цепях переменного тока. В этом плане симистор очень удобен – используя небольшой элемент можно обеспечить управление высоковольтного питания. Им можно заменить обычное электромеханическое реле. Плюс такого решения — отсутствие физического контакта, благодаря чему включение питания становится надежнее, переключение бесшумным, ресурс на порядки больше, быстродействие выше. Еще одно достоинство симистора – относительно невысокая цена, что вместе с высокой надежностью схемы и временем наработки на отказ выглядит привлекательно.

Характеристики, небольшая стоимость и простота устройства позволяет успешно применять симисторы в промышленности и быту: в стиральной машине, в печи, в духовках, в электродвигателе, в перфораторах и дрелях, в посудомоечной машине, в регуляторах освещения, в пылесосе.

Применение рассматриваемого проводникового прибора осуществляется практически во всех электроприборах, что только есть в доме. На него возложена функция управления вращением приводного двигателя в стиральных машинках, они используются на плате управления для запуска работы всевозможных устройств – легче сказать, где их нет.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Что такое симистор

ONLINE ВИДЕО

Симистор – как он работает и где его можно применить? Самое понятное объяснение!

ONLINE ВИДЕО

Что такое симистор и зачем они нужны

ГЛАВА 10

МЕРЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Действие электрического тока на человека

В зависимости от условий, при которых человек подвергается действию электрического тока, последствия этого могут быть различны. Но всегда нужно ожидать его на нервную систему, которое наиболее опасно. Как известно, работа сердца регулируется нервными импульсами, исходящими от нервной системы, под действием которых происходит его сокращение в определенном ритме. Дыхание также управляется нервной системой.

ВНИМАНИЕ

Электрический ток влияет на нервную систему, работу сердца и дыхания, что может привести к беспорядочному сокращению мышц сердца, называемому фибрилляцией, что равносильно его остановке, и к остановке дыхания, а это приводит к смерти.

Ток на нервную систему воздействует в виде **электрического удара** и **шока**. Электрический удар **в зависимости от последствий** можно условно разделить на пять степеней:

- **степень 1** — едва ощутимое сокращение мышц;
- **степень 2** — судорожное сокращение мышц с сильными болями, без потери сознания, при этом могут быть механические травмы под действием сокращения мышц;

- **степень 3** — судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимися работой сердца и дыхания;
- **степень 4** — потеря сознания с нарушением работы сердца и дыхания;
- **степень 5** — клиническая смерть, когда человек не дышит, у него не работает сердце и отсутствуют другие признаки жизни.

ВНИМАНИЕ

При своевременной помощи человека можно вернуть к жизни.

Электрический шок имеет фазы возбуждения и торможения. **Фаза возбуждения** характеризуется сохранением активности и работоспособности, но потом она переходит в **фазу торможения**, которая характеризуется понижением давления, учащением пульса, ослаблением дыхания, возникает угнетенное состояние, потом клиническая смерть, которая без оказания помощи может перейти в биологическую. Возможны и другие воздействия тока на человека.

ONLINE ВИДЕО

Что происходит с вашим телом при воздействии электрического тока?

ONLINE ВИДЕО

Освобождение пострадавшего от действия электрического тока

ONLINE ВИДЕО

Действие электрического тока на организм человека

Первая помощь постадавшему от удара электрическим током

Оказывающий помощь должен знать признаки нарушения жизнедеятельности человека и уметь оказывать первую помощь пострадавшему.

Первая помощь пострадавшему от тока заключается:

- в освобождении его от действия электрического тока;
- в определении степени поражения;
- в проведении последовательности мероприятий по спасению пострадавшего, поддержанию его жизненных функций;

- в вызове медицинского работника или доставке пострадавшего в лечебное учреждение.

Освободить пострадавшего от действия электрического тока можно или отключением тока, или отделением пострадавшего от токоведущих частей, или отделением пострадавшего от земли. Отключить ток можно:

- ближайшим выключателем;
- снятием предохранителей;
- рассоединением штепсельного разъема;
- перерубанием или перекусыванием инструментом проводов с учетом имеющегося в них напряжения.

Если пострадавший находится на высоте, то нужно принять меры, чтобы избежать его падения при выключении тока. При искусственном освещении нужно быть готовым к отсутствию освещения при выключении тока.

Отделить пострадавшего от токоведущих частей можно отбросив провода от пострадавшего или оттащив пострадавшего от провода.

Отбросить провода можно с помощью любого предмета из непроводящего материала, рукой в диэлектрической перчатке или обмотанной тканью.

Оттащить пострадавшего можно за его сухую одежду, а если нет такой возможности, то оттянуть пострадавшего руками, защищенными от электрического тока.

Отделить пострадавшего от земли можно, оттянув его ноги изолированным предметом или одеждой и положив под ноги изолирующий предмет.

Степень поражения и последовательность мероприятий по спасению пострадавшего определяется по состоянию его сознания, цвету кожи и губ, характеру дыхания и пульса.

ONLINE ВИДЕО

Первая помощь при поражении электрическим током

ONLINE ВИДЕО

Как правильно сделать искусственное дыхание?

ONLINE ВИДЕО

Первая помощь – непрямой массаж сердца

Варианты оказания помощи пострадавшему

Случай 1. У пострадавшего отсутствуют дыхание и пульс — немедленно приступить к его оживлению путем искусственного дыхания и наружного массажа сердца.

Случай 2. Пострадавший дышит редко и судорожно, но у него прощупывается пульс — начать делать искусственное дыхание.

Случай 3. Пострадавший в сознании с устойчивым дыханием и пульсом — нужно его уложить на одежду или обеспечить подстилку, расстегнуть одежду, стесняющую дыхание, пустить приток свежего воздуха, согреть при охлаждении и дать прохладу в жару.

Случай 4. Пострадавший находится в бессознательном состоянии при наличии дыхания и пульса — наблюдать за его дыханием; в случае нарушения дыхания при западении языка — выдвинуть нижнюю челюсть вперед и поддерживать ее в таком состоянии, пока язык не вернется в исходное состояние.

ВНИМАНИЕ

Нельзя давать пострадавшему двигаться даже при нормальном состоянии.

ГЛАВА 11

ЗНАКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Когда используются знаки и плакаты безопасности

Знаки и плакаты безопасности необходимы для обеспечения запрета включения автоматических выключателей, рубильников. Чтобы на участок сети, где ведутся работы, по ошибке никто не подал напряжение. Или же они о чем-то опасном предупреждают.

По **назначению** плакаты и знаки безопасности делятся на **четыре категории**: запрещающие (**рис. 11.1, *а***, рассмотрены далее подробно); предупреждающие (**рис. 11.1, *б***, рассмотрены далее подробно); предписывающие; указывающие.

По **характеру применения** плакаты и знаки электробезопасности выполняются либо переносными, либо стационарными (постоянными).

Запрещающие плакаты

Запрещающие плакаты представлены на **рис. 11.1, *а***. Они используются для запрета действий с коммутационными аппаратами (включение/отключение), чтобы во время работы на электрооборудовании на него ошибочно не было подано напряжение.

«Работа под напряжением. Повторно не включать» — этот знак запрещает повторное ручное включение автоматов без согласования с работающим электриком после того, как они были автоматически отключены. Такие плакаты вывешиваются на автоматы или рубильники, когда выполняются ремонтные работы под напряжением. Размеры плаката — 80×50 мм, ширина красной каймы — 5 мм. Надпись выполнена буквами красного цвета на белом фоне.

Рис. 11.1. *Знаки и плакаты безопасности:*
а – запрещающие; б – предупреждающие

«Не включать. Работают люди» — плакат переносной, запрещающий подачу на линию напряжения. Должен вывешиваться на ключи, кнопки и привода управления коммутационных аппаратов, при включении которых напряжение может быть подано на линию.

Плакат выполняется размерами 80×50 мм или 240×130 мм, ширина красной каймы составляет соответственно 5 и 13 мм. Надпись выполняется буквами красного цвета на белом фоне.

«Не включать. Работа на линии» — плакат переносной, запрещающий подачу на линию напряжения. Вывешивается на ключах и при-

водах управления коммутационных аппаратов, включение которых может подать на линию напряжение. Размеры плаката — 80×50 мм или 240×130 мм. Ширина красной каймы соответственно 5 и 13 мм. Надпись выполняется белыми буквами на красном фоне.

Предупреждающие плакаты

Предупреждающие плакаты представлены на **рис. 11.1, *б***. Они информируют о приближении на опасное расстояние к находящимся под напряжением токоведущим частям.

«Стой! Напряжение» — предупреждает об опасности приближения к токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением. Размеры знака — 280×210 мм. Стрела красная. Ширина красной каймы — 21 мм. Надпись выполнена буквами черного цвета на белом фоне.

«Не влезай! Убьет» — этот плакат предупреждает о возможном приближении к токоведущим частям, находящимся под напряжением, при подъеме по конструкции. Размеры знака — 280×210 мм. Стрела красного цвета. Ширина красной каймы — 21 мм. Надпись выполнена буквами черного цвета на белом фоне.

«Испытание! Опасно для жизни» — плакат предупреждает об опасности поражения действием электрического тока при проведении высоковольтных испытаний. Такие знаки вывешиваются на ограждениях рабочих мест во время проведения высоковольтных испытаний. Размеры знака — 280×210 мм. Стрела красного цвета. Ширина красной каймы — 21 мм. Надпись выполнена буквами черного цвета на белом фоне.

«Осторожно! Электрическое напряжение» — знак, предупреждающий об опасности поражения действием электрического тока. Вывешивается в электроустановках любого класса и подкласса подстанций и электростанций. Знак выполняется в виде равностороннего треугольника со стороной 80, 100, 160, 360 мм — для дверей помещений, 25, 40, 50 мм — для тары и оборудования. Стрела и кайма черного цвета, фон — желтого.

ONLINE ВИДЕО

Плакаты и знаки безопасности. Часть 1

ONLINE ВИДЕО

Плакаты и знаки безопасности. Часть 2

ГЛАВА 12

ЗАЗЕМЛЕНИЕ, ЗАНУЛЕНИЕ, УРАВНИВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛОВ

Помехи в электросети

Компьютер без заземления вполне работоспособен и, как правило, с успехом выполняет возложенные на него пользователем задачи. Но есть ряд небольших нюансов (**рис. 12.1**).

В большинстве блоков питания компьютеров на входе стоит элементарный фильтр, состоящий из двух конденсаторов. Его задача сводится к тому, чтобы не пропустить высокочастотную составляющую. Фильтр может быть и более продвинутым, включающим в себя катушки индуктивности (зависит от «серьезности» производителя БП), но, в большинстве случаев, это фильтр, показанный на **рис. 12.1**.

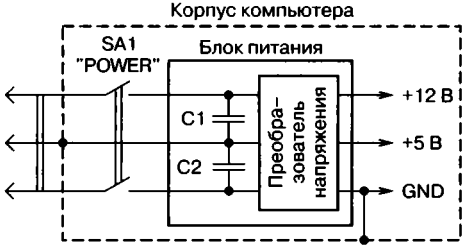


Рис. 12.1. *Блок питания компьютера*

ONLINE ВИДЕО

Как возникают помехи электрические и электромагнитные и как с ними бороться

В результате, в зависимости от емкости конденсаторов, мы получаем на корпусе компьютера потенциал порядка 100 В относительно **фазного (L)** и **нулевого (N)** проводов. Иначе говоря, при определенных условиях при прикосновении к корпусу компьютера можно получить удар электрическим током.

ВНИМАНИЕ

В помещениях, где разводка сети выполнена по трехфазной схеме, ситуация гораздо хуже: разность потенциалов между корпусами компьютеров, сидящих на разных фазах, пойдет уже на сотни вольт. В результате при объединении компьютеров, к примеру, в сеть практически гарантированно получаем повреждение аппаратного обеспечения.

ONLINE ВИДЕО

Защита от электромагнитных излучений

Защита от электромагнитного излучения

Речь идет об излучении, которое оказывает вредное влияние на организм человека. Фирмы-производители постоянно борются за снижение электромагнитного излучения. Приходится им бороться — постоянно ужесточаются стандарты и требования. В общем, частоты растут, а уровень излучения должен снижаться. Так вот, все эти мероприятия практически сводятся к нулю в результате неправильного подключения аппаратуры.

Заземление позволяет следующее:

- уменьшить электромагнитное излучение высокой частоты;
- уменьшить выброс помех в электрическую сеть;
- уменьшить влияние внешних помех на аппаратуру;
- обеспечить нормальную работу аппаратуры в составе сети;
- исключить поражение человека емкостным током.

Виды систем заземления

Классификация типов систем заземления приводится в качестве основной из характеристик питающей электрической сети. ГОСТ Р 50571.2 рассматривает следующие системы заземления: TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT (**рис. 12.2—12.6**).

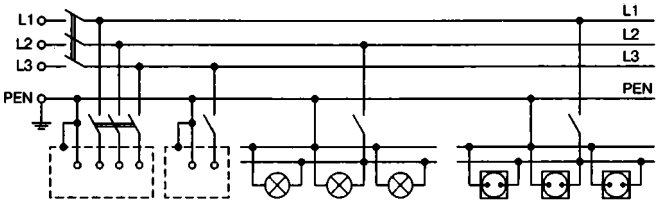


Рис. 12.2. Система TN-C

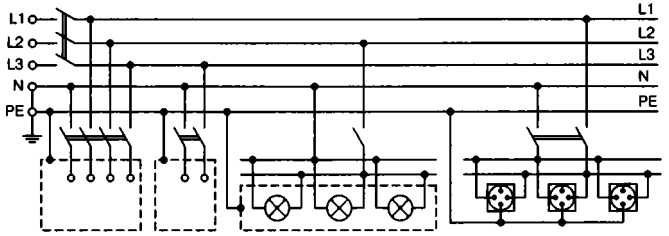


Рис. 12.3. Система TN-S

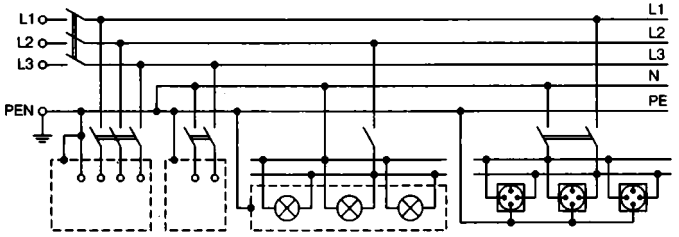


Рис. 12.4. Система TN-C-S

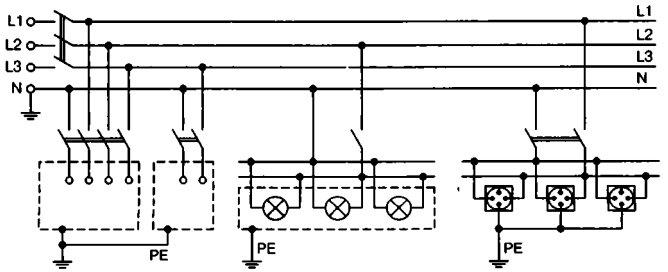


Рис. 12.5. Система TT

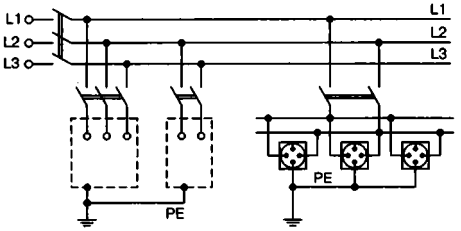


Рис. 12.6. Система IT

ONLINE ВИДЕО

Заземление: как работает и чем отличается

В **системе TN-C** трансформаторная подстанция имеет непосредственную связь нейтрали трансформатора с землей (глухозаземленная нейтраль). Все открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственную связь с заземляющим устройством трансформаторной подстанции. Для обеспечения этой связи применяется совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник (PEN).

В **системе TN-S** трансформаторная подстанция имеет непосредственную связь токоведущих частей с землей. Все открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственную связь с заземляющим устройством трансформаторной подстанции. Для обеспечения этой связи применяется отдельный **нулевой защитный проводник (PE)**.

В **системе TN-C-S** трансформаторная подстанция имеет непосредственную связь токоведущих частей с землей. Все открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственную связь с точкой заземления трансформаторной подстанции. Для обеспечения этой связи на участке трансформаторная подстанция — электроустановки здания применяется **совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник (PEN)**, в остальной части электрической цепи — отдельный **нулевой защитный проводник (PE)**.

В **системе TT** трансформаторная подстанция имеет непосредственную связь токоведущих частей с землей. Все открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственную связь с землей через заземлитель, электрически независимый от заземлителя нейтрали трансформаторной подстанции.

Система IT применяется, как правило, в электроустановках зданий и сооружений специального назначения и поэтому далее не рассматривается.

Обозначения системы заземления

Первая буква в обозначении системы заземления определяет **характер заземления источника питания**:

- **T** — непосредственное соединение нейтрали источника питания с землей;
- **I** — все токоведущие части изолированы от земли.

Вторая буква определяет **характер заземления открытых проводящих частей электроустановки здания**:

- **T** — непосредственная связь открытых проводящих частей электроустановки здания с землей, независимо от характера связи источника питания с землей;
- **N** — непосредственная связь открытых проводящих частей электроустановки здания с точкой заземления источника питания.
- **Буквы, следующие через черточку за N**, определяют **характер этой связи** — функциональный способ устройства нулевого защитного и нулевого рабочего проводников:
- **S** — функции нулевого защитного PE и нулевого рабочего N проводников обеспечиваются раздельными проводниками;
- **C** — функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников обеспечиваются одним общим проводником PEN.

ONLINE ВИДЕО

Заземление. Кто придумал? Зачем? Какие бывают системы заземления

Системы заземления, применяющиеся в России

В России до настоящего времени применяется система, подобная TN-C (см. **рис. 12.2**). В ней открытые проводящие части электроустановки (корпуса, кожухи электрооборудования) соединены с заземленной нейтралью трансформаторной подстанции совмещенным нулевым защитным и рабочим проводником PEN, т. е. занулены. Эта система относительно простая и дешевая.

ВНИМАНИЕ

Эта система не обеспечивает необходимый уровень электробезопасности. При использовании существующих питающих электрических сетей могут быть легко реализованы три системы: TN-C, TN-C-S и TT.

Нулевой проводник одной и той же воздушной линии (ВЛ), кабельной линией (КЛ) в зависимости от типа системы заземления может выполнять разные функции. Для электроустановок с типом системы заземления TN-C и TN-C-S нулевой проводник является совмещенным нулевым защитным и рабочим проводником, для электроустановки с системой TT — только нулевым рабочим прово-

дником. Иными словами, в зависимости от типа системы заземления один и тот же нулевой проводник ВЛ (КЛ) может выполнять функции как совмещенного нулевого защитного и рабочего проводника, так и только нулевого рабочего проводника.

ONLINE ВИДЕО

Какое заземление выбрать для своего дома?

Точка разделения PEN-проводника в системе TN-C-S на нулевой защитный и нулевой рабочий проводники может быть выполнена на вводе в здание. В соответствии с ГОСТ Р 50571.3 и ГОСТ Р 50571.10 запрещается объединять нулевой защитный и нулевой рабочий проводники после разделения PEN-проводника на вводе в здание. Стандарты также предъявляют следующие требования к PEN-проводнику:

- **во-первых**, его сечение должно быть не менее 10 мм^2 по меди или 16 мм^2 по алюминию;
- **во-вторых**, часть электроустановки с PEN-проводником не должна быть защищена устройствами защитного отключения (УЗО), реагирующими на дифференциальные токи.

Зануление

Ранее во всем мире — от Америки до Австралии — применялась система защиты, основанная на соединении нетоковедущих проводящих частей (корпусов) оборудования с землей и заземленной нейтралью источника. Традиционно эта система называлась:

- «зануление» в России;
- «Nullung» в Германии и Австрии;
- PME (protective multiple earthing) в Англии;
- MEN (multiple earthed neutral) в Австралии и т. д.

Ее **защитное действие** основано на принципе достижения за счет многократного заземления и соединения нетоковедущих частей с нейтралью источника «нулевого» потенциала на корпусе, т. е. равного потенциалу земли. Зануление, несмотря на ряд недостатков, долгие годы служило и продолжает служить основным электрозащитным средством в миллионах электроустановок во всем мире и, безусловно, спасло многие и многие человеческие жизни.

Системы TN-S и TN-C-S широко применяются в европейских странах — Германии, Австрии, Франции и др. В системе TN-S все открытые проводящие части электроустановки здания соединены отдельным

ONLINE ВИДЕО

Заземление или зануление? Что выбрать?

ONLINE ВИДЕО

Чем отличается ЗАЗЕМЛЕНИЕ и ЗАНУЛЕНИЕ.

ONLINE ВИДЕО

Почему нельзя заземлять на ноль.

нулевым защитным проводником PE непосредственно с заземляющим устройством источника питания.

При монтаже электроустановок правила предписывают применять для защитного проводника (PE) провод в желто-зеленой полосатой изоляции.

В системе TN-C-S во вводно-распределительном устройстве электроустановки совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводник PEN разделен на нулевой защитный PE и нулевой рабочий N проводники.

Нулевой защитный проводник PE соединен со всеми открытыми проводящими частями и может быть многократно заземлен, в то время как нулевой рабочий проводник N не должен иметь соединения с землей.

В электроустановках с системами заземления TN-S и TN-C-S электробезопасность потребителя обеспечивается не собственно системами, а **устройствами защитного отключения (УЗО)**, действующими более эффективно в комплексе с этими системами заземления и системой уравнивания потенциалов.

ВНИМАНИЕ

Собственно сами системы заземления — без УЗО не обеспечивают необходимой безопасности.

Например, при пробое изоляции на корпус электроприбора и при отсутствии УЗО отключение этого потребителя от сети осуществляется лишь устройствами защиты от сверхтоков — автоматическими выключателями или плавкими вставками.

Система уравнивания потенциалов

Правила выполнения системы уравнивания потенциалов определены стандартом МЭК 364-4-41 и пп. 1.7.82, 1.7.83, 7.1.87, 7.1.88 ПУЭ 7-го издания. Эти правила предусматривают подсоединение всех подлежащих заземлению проводников к общей шине (**рис. 12.7**).

Такое решение позволяет избежать протекания различных непредсказуемых циркулирующих токов в системе заземления, вызывающих возникновение разности потенциалов на отдельных элементах электроустановки.

На **рис. 12.8** приведен пример выполнения системы уравнивания потенциалов в электроустановке жилого дома. На вводе в здание должна быть выполнена система уравнивания потенциалов путем объединения следующих проводящих частей:

- основного (магистрального) защитного проводника;
- основного (магистрального) заземляющего проводника или основного заземляющего зажима;
- стальных труб коммуникаций зданий и между зданиями; металлических частей строительных конструкций, молниезащиты, системы центрального отопления, вентиляции и кондиционирования.

Такие проводящие части должны быть соединены между собой на вводе в здание.

СОВЕТ

Рекомендуется по ходу передачи электроэнергии повторно выполнять дополнительные системы уравнивания потенциалов.

К дополнительной системе уравнивания потенциалов должны быть подключены все доступные прикосновению открытые проводящие части стационарных электроустановок, сторонние проводящие части и нулевые защитные проводники всего электрооборудования (в том числе штепсельных розеток).

Для ванных и душевых помещений дополнительная система уравнивания потенциалов является обязательной и должна предусматривать, в том числе, подключение сторонних проводящих частей, выходящих за пределы помещений. Если отсутствует электрооборудование с подключенными к системе уравнивания потенциалов нулевыми защитными проводниками, то систему уравнивания потенциалов следует подключить к PE шине (зажиму) на вводе.

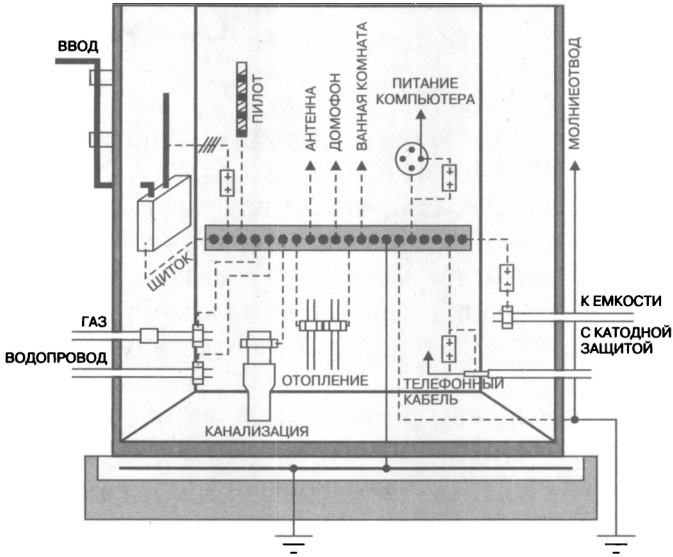


Рис. 12.7. *Система уравнивания потенциалов*

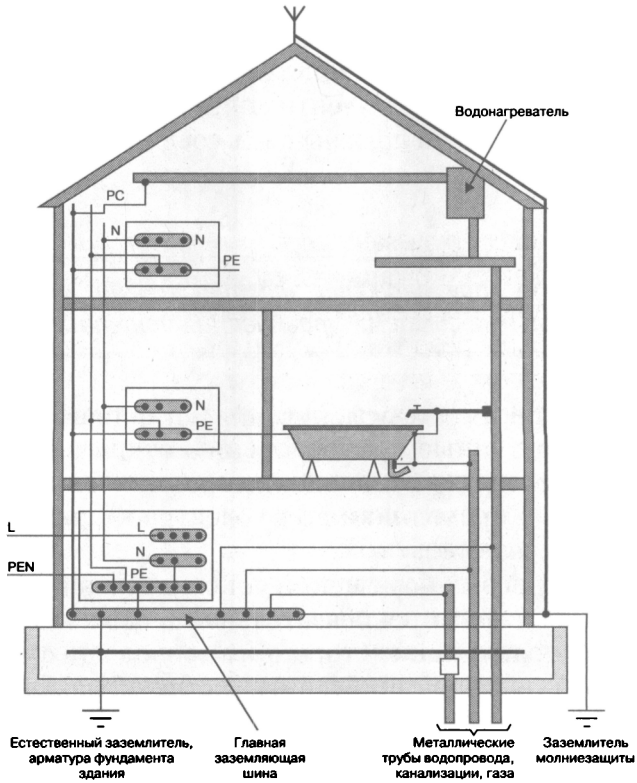


Рис. 12.8. *Система уравнивания потенциалов в жилом доме*

ONLINE ВИДЕО

ДСУП – уравнивание потенциалов. Трубы бьют током

ONLINE ВИДЕО

Главная заземляющая шина. Система уравнивания потенциалов

ONLINE ВИДЕО

Защити свою ванную комнату. Система уравнивания потенциалов

Нагревательные элементы, замоноличенные в пол, должны быть покрыты заземленной металлической сеткой или заземленной металлической оболочкой, подсоединенными к системе уравнивания потенциалов. В качестве дополнительной защиты для нагревательных элементов рекомендуется использовать УЗО на ток 30 мА. Для уравнивания потенциалов могут быть использованы специально предусмотренные проводники либо открытые и сторонние проводящие части.

Меры пожарной безопасности

При эксплуатации оборудования его надежность может ухудшаться, что приводит к снижению пожарной безопасности. Ухудшение надежности электрооборудования возможно из-за механических воздействий на него и увеличения нагрева токоведущих частей и корпусов.

Кроме механических нарушений корпусов электрооборудования, возможно нарушение его степени защиты из-за действий персонала, связанных с его неграмотностью и небрежностью. Например, оставленный без крышки аппарат или электродвигатель без крышки на коробке зажимов не являются пожаробезопасными, если они были такими до этого.

Первоначальной причиной нагрева токоведущих частей или корпусов электрооборудования является большой ток или повышение сопротивления в цепях. Большой ток может быть вызван коротким замыканием в цепях за данным аппаратом или увеличением тока нагрузки.

Неотключенный ток короткого замыкания может вызвать перегорание токоведущих частей внутри аппарата, замыкание между фазами и на корпус аппарата, что может вызвать большой нагрев корпуса аппарата или его выгорание с опасностью пожара. Ток нагрузки для данного

аппарата может быть большим тогда, когда он выбран неправильно для данного тока.

Ток короткого замыкания, проходящий через заземляющие проводники, может вызвать искрение в ненадежных зажимах или перегорание проводников, что также является пожароопасным.

Источником нагрева могут быть слабые зажимы в токоведущих частях или заземляющих проводниках. Детали слабого зажима нагреваются и окисляются, что еще больше увеличивает сопротивление и нагрев.

Если не принять мер, то зажим может перегореть, что может вызвать замыкание между фазами и на корпус аппарата и может привести к выгоранию корпуса.

Нагрев присоединительных зажимов аппарата может быть из-за того, что применены провода меньшего сечения, чем нужно, которые, нагреваясь, нагревают сам зажим. Причина может быть также в неправильно или небрежно выполненном зажиме.

Нагрев концов проводов может быть также в месте контакта провода с наконечником и при нормальной величине тока. В таком случае опрессовка наконечника не помогает, и наконечник нужно отрезать от провода и ставить другой, а если его нет, то временно провод можно присоединять без наконечника, согнув кольцом, что будет надежнее, чем с нагревающимся наконечником.

Увеличение сопротивления в зажимах заземляющих проводников ведет не только к повышению напряжения прикосновения, но и к пожарной опасности из-за нагрева зажима и его искрения.

Следует учитывать возможность перегрева аппаратов и от нагрева рабочих контактов и мест их крепления из-за повышения сопротивления в месте касания контактов. Это сопротивление может быть повышено при неплотном касании контактов и, как следствие, от их окисления.

От нагрева может быть перегорание и замыкание не только токоведущих частей, но частичное или полное сгорание пластмассовых деталей и корпусов аппаратов, что может привести к пожару.

Обеспечить надежность электрооборудования и связанную с ней пожарную безопасность можно только при грамотном обслуживании электрооборудования.

Как правило, после пожара его причиной считается электрооборудование и электропроводка. Исходя из вышеизложенного, вероятность такой причины есть, но после пожара бывает трудно найти доказательства. Их приходится искать инспектору пожарного надзора в присутствии лица, ответственного за электрохозяйство, и персонала, обслуживающего данную электроустановку.

Есть и бесспорные случаи загорания в электроустановках и проводке помещений.

Загораются провода в пульте управления теплогенератора, если этот пульт близко расположен к топке. Причиной является перегрев проводов, особенно при наличии утечек топлива. Возгоранию может способствовать и розжиг с помощью факела, когда не работает автоматический розжиг топки.

Может быть возгорание у электрокалорифера, если случайно перекрыт доступ воздуха к ТЭНам или при отказе вентилятора, прогоняющего этот воздух через калорифер, когда ТЭНы не отключились, например при сваривании контактов пускателя.

Бывают загорания в сельских деревянных домах. Причина в том, что проводка иногда выполняется малограмотными людьми и при отсутствии нужных материалов. При этом могут быть скрутки проводов в отверстиях стен, за щитком счетчика и в других скрытых местах, и эти скрутки со временем загораются. Проводка воо бще может быть закрыта плитами утеплителя, которые прижимаются вплотную к щитку счетчика, розеткам, что затрудняет теплоотвод и увеличивает вероятность загорания.

В любых квартирах может быть загорание от перегревающихся розеток, электронагревательных приборов, расположенных у сгораемых предметов, от загорания оставленных без присмотра телевизоров и т. д.

ONLINE ВИДЕО

Особенности тушения пожара на электроустановках

ONLINE ВИДЕО

Основные правила пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования

ONLINE ВИДЕО

Электробезопасность. «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок 2023»

ГЛАВА 13

СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

Переносные заземления

Переносные заземления ПЗУ-1 (рис. 13.1) предназначены для защиты работающих на отключенных участках воздушных линий на случай ошибочной подачи напряжения на этот участок или появления на нем наведенного напряжения. В стандартном исполнении **переносные заземления ПЗУ-1** поставляются с сечением заземляющего провода **16 мм²**. По заказу переносные заземления ПЗУ-1 могут поставляться с сечением заземляющего провода 25, 35, 50 и 70 мм².

Допустимый диапазон рабочих температур от −45 до +40 °С. Относительная влажность воздуха до 80 % при 25 °С.

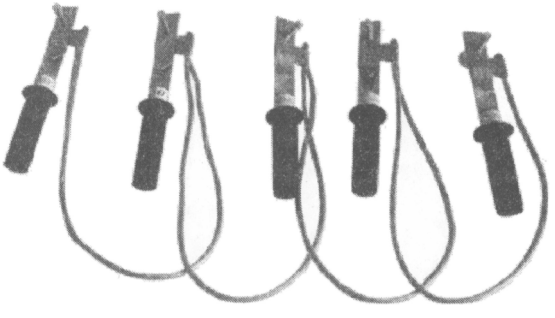


Рис. 13.1. *Переносные заземления ПЗУ-1*

ONLINE ВИДЕО

Переносные заземления

ONLINE ВИДЕО

Переносное заземление КШЗ на линии электропередач 10 киловольт

ONLINE ВИДЕО

Установка переносного заземления

ONLINE ВИДЕО

Штанги оперативные ДЗШ 110 кВ на ПС 220/110/10 кВ

Штанги оперативные ШЗП-110

Штанги оперативные ШЗП-110 изолирующие предназначены для наложения переносных заземлений в электроустановках постоянного и переменного тока частотой 50 Гц и напряжением до 110 кВ. **Штанги ШЗП-110** изолирующие изготовлены из стеклопластика. Рабочая температура от –45 до +45 °С. Относительная влажность воздуха при 25 °С от 60 до 80 %.

ONLINE ВИДЕО

Средства защиты в электроустановках

Дополнительное защитное оборудование

Указатели высокого напряжения переносные предназначены для проверки наличия или отсутствия напряжения в электроустановках переменного тока промышленной частоты с номинальным напряжением от 100 до 1000 В. Допустимый диапазон рабочих температур от –45 до +40 °С, при относительной влажности до 80 % при 25 °С.

ONLINE ВИДЕО

Защитные средства

Перчатки диэлектрические (шовные и бесшовные) предназначены для защиты рук от поражения электрическим током. Используются в качестве основного средства защиты при работе в электроустановках с напряжением до 1000 В и в качестве дополнительного средства защиты от напряжения свыше 1000 В.

ГЛАВА 14

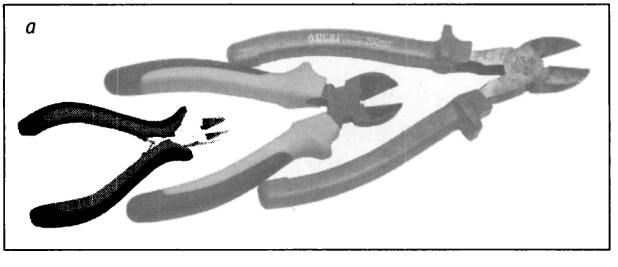
ИНСТРУМЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Ручной инструмент электрика и расходные материалы

Рабочий инструмент всегда должен находиться в исправном состоянии. Благодаря этому можно гарантировать как личную безопасность мастера, так и высокое качество проделанных работ.

Для успешного проведения электромонтажных и ремонтных работ различной категории и уровня сложности современный электрик должен располагать так называемым **набором инструментов электрика**. Непременные составляющие классического набора электрика (обязательно с изолированными ручками, где они предусматриваются):

- наборы отверток различного размера и назначения;
- бокорезы (**рис. 14.1, *а***);
- пассатижи (**рис. 14.1, *б***);



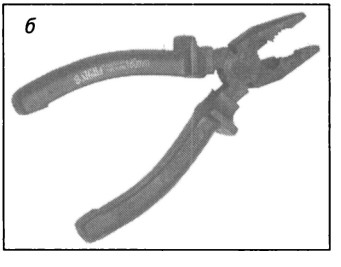


Рис. 14.1. *Ручной инструмент:*
а — бокорезы разных размеров; б — пассатижи

- кусачки, пинцеты, молоток, шлямбур, монтажное зубило, набор напильников, ножовка для работы по металлу, тиски и инструмент для снятия изоляции (типа КСТ-6, например), монтерские ножи для разделки кабелей и зачистки концов проводников, инструмент для обжима проводов с набором матриц под различные наконечники (**рис. 14.2**).

Рис. 14.2. *Набор ручного инструмента для электрика*

Несколько комплектов ключей должны включать, в том числе, торцевой и раздвижной ключ.

Кроме инструмента с изолированными рукоятками, который относится к защитным средствам и должен быть с электриком всегда, электрику необходимо иметь другой ручной инструмент, предназначенный для разных видов работ. Некоторые инструменты, которые могут потребоваться электрику, приведены в **табл. 14.1**.

Ручные инструменты, необходимые электрику при различных работах *Таблица 14.1*

Инструмент	Назначение инструмента
Нож монтерский складной	Освобождение от изоляции концов проводов и зачистки их от пленки окислов, разделка концов кабелей и другие работы
Молоток слесарный	Забивание деталей крепления аппаратов, проводов и кабелей в нетвердые основания, для пробивания гнезд и отверстий с помощью других инструментов, работы с зубилом и т. д.
Зубило	Срубание гаек и винтов, не поддающихся откручиванию, пробивание борозд
Напильники	Обработка металлических поверхностей
Рашпили	Обработка деталей из пластмасс и твердой резины
Надфили	Чистка контактов аппаратов
Пробойники	Пробивка отверстий под дюбеля при креплении аппаратов к бетонным и кирпичным стенам, пробивка отверстий в деталях из листового железа
Шлямбуры	Пробивка отверстий под деревянные пробки, в которые могут ввинчиваться винты или вбиваться гвозди для крепления аппаратов и кабелей к стенам из кирпича и бетона, для пробивания сквозных отверстий в стенах из того же материала
Сверла по дереву	Сверление отверстий в дереве и сходных по твердости материалах

Расходные материалы: электрические кабели и провода различных марок и сечений, набор изоляционных лент различных марок, соединительные клеммники и разъемы, шурупы, комплект дюбелей, полихлорвиниловую и термоусадочную трубку различного диаметра.

При проведении ремонтных работ вам всегда смогут пригодиться аккумуляторный фонарик, рулетка, а также два комплекта перчаток — матерчатые и резиновые. Об этом пусть и вспомогательном, но крайне необходимом инструменте, также следует побеспокоиться при комплектовании набора электрика.

ONLINE ВИДЕО

Выбор инструмента для электрика

Труборезы и трубогибы

Обработка труб требуется при ремонте и монтаже трубной проводки. ***Труборезы и трубогибы*** *— специальные инструменты для ремонта и монтажа трубопроводов, в том числе при монтаже защищенной электропроводки.* Современную и качественную работу с трубопроводными системами трудно себе представить без труборезов и трубогибов: приспособлений, облегчающих труд электриков. Мастер должен обеспечить ровный и качественный срез, исключая попадание опилок внутрь трубы.

Труборезы. Инструменты для резки труб можно разделить по способу использования: на ручные и электрические.

Ручной труборез доступен по стоимости и достаточно прост в применении. **Электрические труборезы** обладают значительно большим КПД и требуют приложения гораздо меньшего количества усилий. Электрические труборезы позволят совершить ремонтные работы в отношении трубопровода на высоком профессиональном уровне.

В зависимости от вида разрезаемого инструментом материала, труборезы обладают следующим назначением:

- используемые для резки труб из стали и чугуна;
- труборезы для труб из меди или нержавеющей стали;
- инструменты для трубопроводов из керамики или асбестоцемента.

СОВЕТ

Для труб, изготовленных из пластика, специалисты советуют применять специальные ножницы — труборез для подобных работ не обязателен.

Основной частью как ручных, так и электрических труборезов является **рама из кованой стали**. Ручные труборезы резцового типа выполняются в виде обоймы, плотно охватывающей трубу. При этом внутри обоймы устанавливаются резцы, изготовленные из особенно прочной

стали. Подвижная часть обоймы перемещается посредством штока с резьбой.

Существуют и **роликовые ручные труборезы**, однако, по отзывам специалистов, они имеют недостаток: оставляют заусеницы после завершения среза, вынуждая мастера применять зенковку.

Труборезы электрические разделяются на разъемные и неразъемные. Первый вариант инструмента обычно и применяют профессионалы: подобные труборезы обладают корпусом, делящимся на две части, что обеспечивает установку трубореза при необходимости на уже собранный трубопровод.

Именно электрический труборез гарантирует безукоризненную резку труб и может применяться для работы с трубопроводами из любых материалов (нержавеющей стали, меди, стали, пластика, чугуна и алюминия).

Трубогибы. При выполнении ремонтных или установочных работ с трубопроводами нередко возникает необходимость согнуть трубу. Для выполнения этой задачи предназначены специальные инструменты — **трубогибы**.

Трубогибы выпускаются в различных конфигурациях, зависящих от предполагаемого способа выполнения изгиба трубы. Виды трубогибов:

- пружинные, снабженные пружиной, используемой для ручного сгибания;
- сегментные, осуществляющие изгиб посредством сегмента, вытягивающего вокруг себя трубу;
- арбалетные, оснащенные формой, используемой для определенного диаметра трубы;
- дорновые, используемые при необходимости сгибания труб с тонкими стенками незначительного диаметра.

Трубогибы можно классифицировать и **по типу привода**:

- ручные, используемые для сгибания труб незначительного диаметра (из полимеров, нержавеющей стали, цветных металлов);
- электромеханические, используемые для сгибания труб различного диаметра и обеспечивающие высокую точность изгиба и соблюдение нужного его угла;
- гидравлические, применяемые для сгибания труб диаметром до 80 мм.

ONLINE ВИДЕО

Труборезы по меди и нержавейке ZENTEN

ONLINE ВИДЕО

Как правильно резать, гнуть и вальцевать медную трубу

ONLINE ВИДЕО

Сравнение труборезов

Технические данные труборезов и трубогибов представлены в **табл. 14.2**.

Технические данные труборезов и трубогибов *Таблица 14.2*

Инструмент	Диаметр труб, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Труборезы			
Для стальных труб Для медных труб	15–50 6–22	150 × 100 × 45 160 × 50 × 28	2,6 0,4
Трубогибы			
Универсальный Рычажный ТРР-3 ТРТ-24	8, 10, 14 15, 20, 25 18, 24	720 × 155 × 120 620 × 200 × 210 470 × 407 × 155	4,3 51,8 38,5

Поршневой монтажный пистолет ПЦ-84

ONLINE ВИДЕО

Пистолет монтажный ПЦ-84 строительный. Пробивает бетон

Поршневой монтажный пистолет ПЦ-84 предназначен для крепления к стенам различных конструкций и аппаратов. С его помощью в различные кирпичные, бетонные и металлические основания забивают специальные крепежные гвозди — **дюбеля**. В пистолете во время его работы пороховые газы из патрона, расширяясь, действуют на поршень, который разгоняется и ударяет в дюбель, находящийся в направителе, и дюбель забивается в основание.

Число выстрелов пистолета в час — 50, размеры — 385 × 65 × 132 мм, масса 3,6 кг. Пистолет исключает рикошет дюбеля и сквозной прострел основания, имеет низкий уровень звука выстрела. Он имеет блокировки, исключающие выстрел в воздух, выстрел при запертом пистолете, при деформации амортизаторов, при падении пистолета с высоты до 1,5 м. В пистолете используются специальные беспульные патроны с бездымным порохом.

Переносной электроинструмент

Необходимы **переносной электроинструмент** (электродрель, перфоратор, штроборез) и надежный переносной **удлинитель большой длины**. В комплект для работы с электроинструментом обязательно должны войти **сверла** и **буры** различного размера, **насадка типа «корона»** (для изготовления отверстий в стене под монтажные коробки розеток и выключателей), а также насадки для **штробореза**.

Ручные сверлильные машины используются для сверления отверстий в металле, бетоне, кирпиче и камне, дереве и других материалах. Характеристики сверлильных машин приведены в **табл. 14.3**.

Характеристики сверлильных машин *Таблица 14.3*

Тип машины	Диаметр сверления	Частота вращения шпинделя, об/с	Мощность двигателя, кВт	Масса, кг
Машины II класса защиты с двойной изоляцией, 220 В, 50 Гц				
ИЭ-1020	6	43	0.12	1,85
ИЭ-1019А	9	17	0,34	2
ИЭ-1202	9/6	16/33	0,42	1,85
ИЭ-1022В	14	12	0,4	2,8
Машины III класса защиты с повышенной частотой тока, 36 В, 200 Гц				
ИЭ-1025А	6	21	0,21	1,6
ИЭ-1203	14/9	9/13	0,365	4
ИЭ-1009А	9	50	0,12	1,6
ИЭ-1029	25	63	1,07	6,7

Электроперфораторы применяются для вырубки борозд и пробивки отверстий в кирпиче и бетоне, забивки дюбелей, сверления отверстий, завертывания винтов и шурупов и могут работать в режимах: ударном, ударно-вращательном, вращательном (**табл. 14.4**).

Характеристики электроперфораторов *Таблица 14.4*

Технические характеристики	ИЭ-4712	ИЭ-4713
Напряжение, В	220	220
Мощность электродвигателя, Вт	350	350
Частота ударов за 1 с	40	40
Энергия удара, Дж	2	1
Диаметр бурения, мм	16	12
Глубина бурения, мм	150	100
Размеры габаритные, мм	520 × 195 × 75	420 × 155 × 75
Масса, кг	4,5	3,5

ONLINE ВИДЕО

Ударная дрель или перфоратор? Что лучше?

ONLINE ВИДЕО

Как выбрать штроборез и диски без ошибок

ONLINE ВИДЕО

Лунка под подрозетник за 8 с

ГЛАВА 15

ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Основные электрические величины

Согласно системе СИ единицами измерений электротехнических параметров являются для физических величин:

- силы тока — ампер, условное обозначение «А»;
- напряжения — вольт, условное обозначение «В»;
- сопротивления — ом, условное обозначение «Ом»;
- мощности — ватт, условное обозначение «Вт».

ONLINE ВИДЕО

Напряжение, сила, мощность, постоянный и переменный ток

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Средствами электротехнических измерений *называют технические средства, используемые при измерении и имеющие нормированные метрологические характеристики.*

Виды средств электротехнических измерений

Различают следующие **виды средств электротехнических измерений**:

- **меры** — средства измерений, предназначенные для воспроизведения физической величины с определенной точностью (например, магазин сопротивлений);

- **электроизмерительные приборы** — средства электротехнических измерений, предназначенные для выработки сигналов измерительной информации, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем (например, амперметр, вольтметр);
- **измерительные преобразователи** — средства электротехнических измерений, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем (например, датчики температуры контролируемого объекта);
- электроизмерительные установки;
- измерительные информационные системы.

Наибольшее распространение имеют электроизмерительные приборы.

ONLINE ВИДЕО

Средства измерений, их классификация

Разновидности измерительных приборов

По роду измеряемой физической величины приборы делятся на:

- амперметры — для измерения силы тока;
- вольтметры — для измерения напряжения;
- омметры — для измерения сопротивления;
- ваттметры — для измерения мощности и другие.

Выбор приборов, выполняющих измерения тока и напряжения, должен осуществляться **совокупностью многих факторов**, важнейшие из которых:

- род измеряемого тока;
- примерный диапазон частот измеряемой величины;
- амплитудный диапазон напряжений;
- форма кривой измеряемого напряжения (тока);
- мощность цепи, в которой осуществляется измерение;
- мощность потребления прибора;
- допустимая погрешность измерений (класс точности) прибора.

ONLINE ВИДЕО

Классификация электроизмерительных приборов

СОВЕТ

Если необходимая точность измерений, допустимая мощность потребления и другие требования могут быть обеспечены амперметрами и вольтметрами электромеханической группы, то следует предпочесть этот простой метод непосредственного отсчета.

ONLINE ВИДЕО

Электроизмерительные приборы

ONLINE ВИДЕО

Электроизмерительные приборы и измерения

Рекомендации по использованию электроизмерительных приборов

В слаботочных цепях постоянного и переменного токов для измерений напряжения следует пользоваться цифровыми и аналоговыми электронными вольтметрами.

Электрические сопротивления, соответственно техническим возможностям и методам их измерений, можно условно разделить на три группы:

- группа 1 — малые сопротивления до 1 Ом;
- группа 2 — средние сопротивления от 1 до 100 000 Ом;
- группа 3 — большие сопротивления свыше 100 000 Ом.

ONLINE ВИДЕО

Как работают электроизмерительные приборы

ONLINE ВИДЕО

Видеоурок «Электроизмерительные приборы»

ONLINE ВИДЕО

Шкалы электроизмерительных приборов

В зависимости от величины сопротивления и необходимой точности результата следует применять различные методы их измерений:

- **метод 1** — косвенное измерение с помощью амперметра и вольтметра (искомое сопротивление определяют на основании закона Ома по данным измерений напряжения и тока);
- **метод 2** — измерение с помощью мостов;
- **метод 3** — прямое измерение аналоговым или цифровым омметром.

В последние десятилетия массовому пользователю доступными стали тестеры, измеряющие температуру, освещенность, влажность и другие характеристики, не имеющие отношения к электричеству.

Цифровые электроизмерительные приборы

Наряду с аналоговыми приборами в измерении электрических величин широко используются цифровые. Все величины при этом преобразуются в цифровую форму при помощи аналогово-цифровых, интервально-числовых или частотно-цифровых преобразователей.

Форма представления сигнала о физической величине в виде кода называется цифровой. В этом случае каждому значению отсчета физической величины соответствует кодовая группа в виде комбинации простых сигналов.

Особый класс электроизмерительных приборов представляют собой устройства с компьютером в качестве выходного устройства. На начальном этапе внедрения оргтехники в измерительную технику компьютер использовался в качестве дополнительного блока, т. е. прибор имел индикатор в аналоговом или в цифровом виде, но мог и сопрягаться с компьютером для записи сигналов, обработки информации и представления ее в виде графиков, таблиц, гистограмм и т. п.

ONLINE ВИДЕО

Мои измерительные приборы на каждый день

ONLINE ВИДЕО

Вебинар «Цифровые измерительные приборы»

ONLINE ВИДЕО

Видеоурок «Электроизмерительные приборы»

В современных приборах индикаторы иногда не используются, и компьютер является единственным средствам вывода информации. Такого рода приборы имеют, как правило:

- первичный преобразователь (датчик);
- аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- компьютер.

Поскольку информация в компьютер должна вводиться в виде кода, то такие приборы можно отнести к классу специфических цифровых приборов. Удобства использования компьютерного выхода в измерительных приборах совершенно очевидны:

- отсутствие необходимости использования самописцев;
- высокая помехоустойчивость;
- широкие возможности обработки и представления результатов;
- возможность передачи полученной информации по каналам связи и многое другое.

Измерение сопротивления изоляции электрооборудования с помощью мегаомметра

Сопротивление изоляции постоянному току является основным показателем состояния изоляции, и его измерение является неотъемлемой частью испытаний всех видов электрооборудования и электрических цепей.

Нормы проверок и испытаний изоляции электрооборудования, определяются ГОСТ, ПУЭ и другими директивными материалами.

Сопротивление изоляции практически во всех случаях измеряется **мегаомметром**. Этот прибор включает в себя:

- источник напряжения (генератор постоянного тока) чаще всего с ручным приводом;
- магнитоэлектрический логометр;
- добавочные сопротивления.

ВНИМАНИЕ

Перед началом измерений необходимо убедиться, что на испытываемом объекте нет напряжения, тщательно очистить изоляцию от пыли и грязи и заземлить объект для снятия с него возможных остаточных зарядов.

Измерения следует производить при устойчивом положении стрелки прибора. Для этого нужно быстро, но равномерно вращать

ручку генератора. Сопротивление изоляции определяется показанием стрелки прибора мегаомметра. После окончания измерений испытываемый объект необходимо разрядить. Для присоединения мегаомметра к испытываемому аппарату или линии следует применять раздельные провода с большим сопротивлением изоляции (обычно не меньше 100 МОм).

Перед пользованием мегаомметр следует подвергнуть контрольной проверке, которая заключается в проверке показания по шкале при разомкнутых и короткозамкнутых проводах. В первом случае стрелка должна находиться у отметки шкалы «бесконечность», во втором — у нуля.

Для того чтобы на показания мегаомметра не оказывали влияния токи утечки по поверхности изоляции, особенно при проведении измерений в сырую погоду, мегаомметр подключают к измеряемому объекту с использованием зажима Э (экран) мегаомметра.

ПРИМЕЧАНИЕ

Значение сопротивления изоляции в большой степени зависит от температуры. Сопротивление изоляции следует измерять при температуре изоляции не ниже +5 °С, кроме случаев, оговоренных специальными инструкциями. При более низких температурах результаты измерения из-за нестабильного состояния влаги не отражают истинной характеристики изоляции.

Выбор типа мегаомметра производится в зависимости:

- от номинального сопротивления объекта (силовые кабели 1–1000, коммутационная аппаратура 1000–5000, силовые трансформаторы 10–20000, электрические машины 0,1–1000, фарфоровые изоляторы 100–10000 МОм);
- параметров объекта;
- номинального напряжения.

Как правило, для измерения сопротивления изоляции оборудования номинальным напряжением до 1000 В (цепи вторичной коммутации, двигатели и т. д.) используют мегаомметры на номинальное напряжение 100, 250, 500 и 1000 В, а в электрических установках с номинальным напряжением более 1000 В применяют мегаомметры на 1000 и 2500 В.

Порядок проведения измерений при испытании изоляции мегаомметром.

Шаг 1. Измерить сопротивление изоляции соединительных проводов, значение которого должно быть не меньше верхнего предела измерения мегаомметра.

Шаг 2. Установить предел измерения:

- если значение сопротивления изоляции неизвестно, то во избежание «зашкаливания» указателя измерителя необходимо начинать с наибольшего предела измерения;
- при выборе предела измерения следует руководствоваться тем, что точность будет наибольшей при отсчете показаний в рабочей части шкалы.

Шаг 3. Убедиться в отсутствии напряжения на объекте.

Шаг 4. Отключить или закоротить все детали с пониженной изоляцией или пониженным испытательным напряжением, конденсаторы и полупроводниковые приборы.

Шаг 5. На время подключения прибора заземлить испытуемую цепь.

Шаг 6. Нажав кнопку «высокое напряжение» в приборах, питающихся от сети, или вращая ручку генератора индукторного мегаомметра со скоростью примерно 120 об/мин, через 60 с после начала измерения зафиксировать значение сопротивления по шкале прибора.

Шаг 7. При измерении сопротивления изоляции объектов с большой емкостью отсчет показаний производить после полного успокоения стрелки.

Шаг 8. После окончания измерения, особенно для оборудования с большой емкостью (например, кабели большой протяженности), прежде чем отсоединять концы прибора, необходимо снять накопленный заряд путем наложения заземления.

Присоединение токоотводящего электрода. Когда результат измерения сопротивления изоляции может быть искажен поверхностными токами утечки, например, за счет увлажненности поверхности изолирующих частей установки, на изоляцию объекта накладывают токоотводящий электрод, присоединяемый к зажиму мегаомметра Э.

Присоединение токоотводящего электрода Э определяется из условия создания наибольшей разности потенциалов между землей и местом присоединения экрана.

В случае измерения изоляции кабеля, изолированного от земли, зажим Э присоединяется к броне кабеля при измерении сопротивления:

- изоляции между обмотками электрических машин зажим Э присоединяется к корпусу;
- обмоток трансформатора зажим Э присоединяется под юбкой выходного изолятора.

ONLINE ВИДЕО

Как измерить сопротивление изоляции мегаомметром?

ONLINE ВИДЕО

Измерение сопротивления изоляции электродвигателя

ONLINE ВИДЕО

Как измерять сопротивление изоляции мегаомметром?

ПРИМЕЧАНИЕ

Измерение сопротивления изоляции силовых и осветительных проводок производится при включенных выключателях, снятых плавких вставках, отключенных электроприемниках, приборах, аппаратах, вывернутых лампах.

ВНИМАНИЕ

Категорически запрещается измерять изоляцию на линии, если она хотя бы на небольшом участке проходит вблизи другой линии, находящейся под напряжением, а также во время грозы на воздушных линиях передачи.

Измерительный мультиметр

Мультиметр — цифровой комбинированный измерительный прибор, являющийся основным рабочим прибором электрика. Он позволяет решать большинство задач по определению рабочих характеристик исследуемой или монтируемой электрической цепи, ремонта электрооборудования.

Число имеющихся разновидностей настолько велико, что каждый электрик может найти прибор, в точности отвечающий его специфическим требованиям как по виду и диапазону измеряемых величин, так и по набору сервисных функций. Назначение органов управления стандартного мультиметра приведено на **рис. 15.1**.

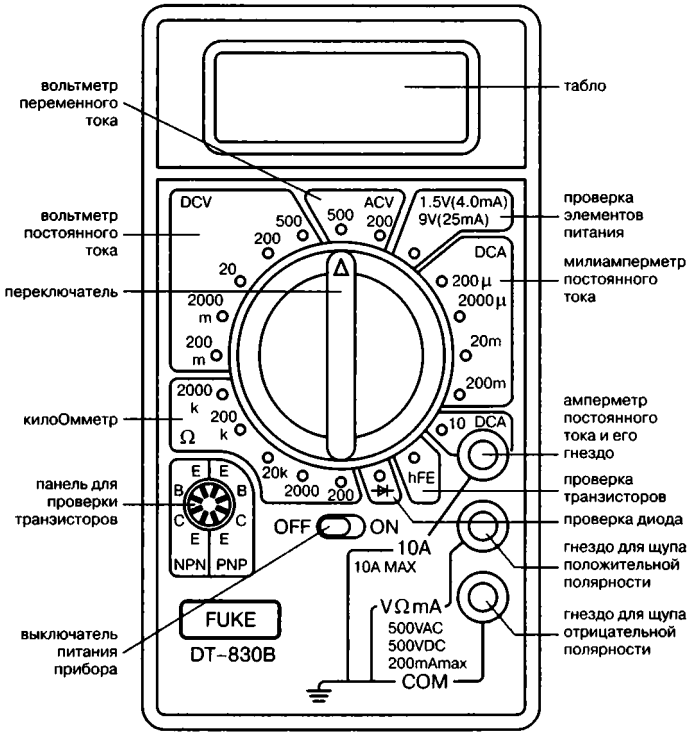


Рис. 15.1. Назначение органов управления стандартного мультиметра

Кроме стандартного набора величин (**напряжения** и **силы постоянного и переменного тока**, а также **сопротивления**) современные мультиметры позволяют измерять **емкость** и **индуктивность**, **температуру** (с помощью внутреннего датчика или внешней термопары), **частоту** (герц и об/мин.), а также **длительность импульсов** и **интервалы** между импульсами в случае импульсного сигнала.

Почти все они могут осуществлять **прозвонку**, т. е. проверку целостности цепи с подачей звукового сигнала при ее сопротивлении ниже определенной величины.

Очень часто в них реализованы **дополнительные функции**:

- проверка полупроводниковых приборов (падение напряжения на p-n-переходе, коэффициент усиления транзисторов);
- генерация простого тестового сигнала (обычно меандр определенной частоты).

Многие современные модели обладают вычислительными возможностями и графическим дисплеем для отображения формы сигнала, правда, с невысоким разрешением.

Среди **сервисных функций** можно отметить: таймер выключения питания; подсветка дисплея (достаточно редко встречающаяся, но временами незаменимая).

Популярностью пользуется **автоматический выбор предела измерения** — у большинства последних моделей мультиметров переключатель режима служит лишь для выбора измеряемой величины, а предел измерения прибор определяет сам.

Весьма полезна **фиксация (удержание) показаний**. Чаще всего она производится при нажатии соответствующей клавиши, но некоторые приборы позволяют автоматически фиксировать любое стабильное и отличное от нуля измерение. Иногда фиксация возможна для кратковременных замыканий или размыканий цепи (триггер) в режиме прозвонки.

Шкалы и индикация. Некоторые модели имеют одновременно и стрелочный, и цифровой индикаторы. Очень удобен индикатор с двумя цифровыми шкалами для отображения второй одновременно измеряемой или вычисляемой в ходе измерения величины. Но еще полезней индикатор, где вместе с цифровой имеется аналоговая (столбиковая) шкала.

ONLINE ВИДЕО

Как пользоваться мультиметром: первое знакомство с мультиметром

ONLINE ВИДЕО

Как пользоваться мультиметром: Измерение сопротивления и постоянного тока

Новые мультиметры с графическим дисплеем предусматривают возможность отображения формы сигнала, так что с небольшой натяжкой их можно отнести к простейшим осциллографам.

Аксессуары. Выбирая мультиметр, не стоит забывать и про **аксессуары** к нему: **щупы** и **провода**.

ПРИМЕЧАНИЕ

Провода должны быть максимально гибкими, а заделка в щупы и вилки выполнена с использованием защитных резиновых втулок.

Питание. Нужно поинтересоваться и тем, на какое время работы рассчитаны батареи, а также задуматься, не стоит ли выбрать прибор с питанием от аккумуляторов.

Указатели напряжения

ONLINE ВИДЕО

Какой указатель напряжения выбрать электрику советский Поиск-1 или современный UNI-T UT15C»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Указатели напряжения *– переносные приборы, предназначенные для проверки наличия или отсутствия напряжения на токоведущих частях.*

Все указатели имеют световой сигнал, загорание которого свидетельствует о наличии напряжения на проверяемой части или между проверяемыми частями. Указатели бывают для электроустановок до 1000 В и выше. Указатели могут быть двухполюсными и однополюсными.

Однополюсные указатели (рассмотрены в следующем разделе) требуют прикосновения лишь к одной — испытуемой токоведущей части. Связь с землей обеспечивается через тело человека, который пальцем руки создает контакт с цепью указателя. При этом ток не превышает 0,3 мА.

ВНИМАНИЕ

Правила техники безопасности запрещают применять вместо указателя напряжения так называемую контрольную лампу – лампу накаливания, ввернутую в патрон, заряженный двумя короткими проводами.

Это запрещение вызвано тем, что при случайном включении лампы на напряжение большее, чем она рассчитана, или при ударе о твердый предмет возможен взрыв ее колбы и, как следствие, ранение оператора.

Индикаторная отвертка

Рассмотрим **индикаторную отвертку** и более функциональный **двухполюсный индикатор напряжения** (ПИН-90, например). Оба эти прибора служат для оперативной проверки наличия (или отсутствия) фазного напряжения на отдельных участках электрической сети.

Ответка-щуп или **индикаторная отвертка** служит для определения, какой из проводов подключен к фазе (**рис. 15.2**). Его рекомендуется применять при проверке схем вторичной коммутации, определе-

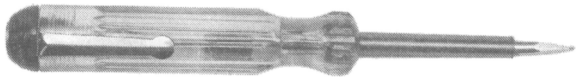


Рис. 15.2. Внешний вид индикаторной отвертки

нии фазного провода в электросчетчиках, ламповых патронах, выключателях, предохранителях и т. п.

ВНИМАНИЕ

Однополюсный указатель может применяться только в установках переменного тока, поскольку при постоянном токе его лампочка не горит и при наличии напряжения.

Изготовляются однополюсные указатели обычно в виде автоматической ручки. Ее корпус выполнен из изоляционного материала и имеет смотровое отверстие.

В корпусе размещены два элемента: сигнальная лампочка и резистор. На нижнем конце корпуса укреплен металлический щуп, а на верхнем — плоский металлический контакт, которого пальцем касается электрик.

Принцип определения наличия фазы заключается в следующем: жалом отвертки следует дотронуться до провода или контакта, которые предположительно находятся под напряжением (**рис. 15.3**).

Указательным пальцем необходимо нажать на контактную головку. В рукоятке отвертки находится лампочка, которая загорается, как только жало щупа касается фазного провода или находящегося под напряжением контакта.

Если при контакте отвертки с проводом лампочка не загорелась, провод не подключен к сети.

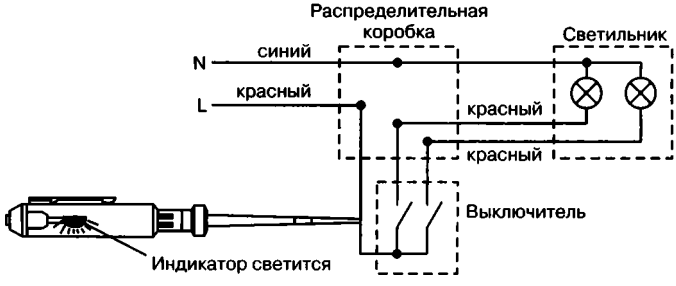


Рис. 15.3. Индикаторная отвертка или однополюсный индикатор

ПРИМЕЧАНИЕ

К сожалению, с помощью отвертки-щупа нельзя определить, нейтральный это провод или фазный, но имеющий разрыв.

ONLINE ВИДЕО

Индикаторная отвертка. Где находятся фаза, ноль и место обрыва провода?

С помощью индикаторной отвертки можно, если повезет, обнаружить скрытую проводку. Для этого необходимо определить место предполагаемого расположения проводки и провести над ним жалом отвертки. Когда жало пройдет точно над проводкой, на отвертке загорится красная лампочка. Метод этот не совсем точный, зато инструмент доступен каждому мастеру благодаря своей низкой цене.

ВНИМАНИЕ

Правила безопасности необходимо четко соблюдать, например, нельзя брать отвертку мокрыми руками.

Двухполюсные указатели

Двухполюсные указатели требуют прикосновения к двум частям электроустановки, между которыми необходимо определить наличие или отсутствие напряжения. Внешний вид такого указателя приведен на **рис. 15.4**.

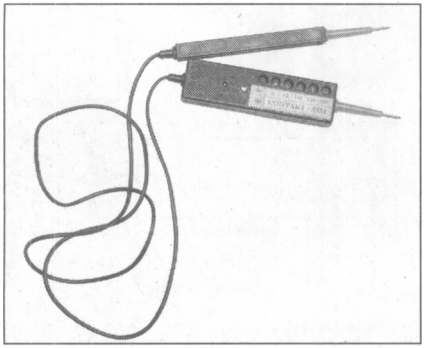


Рис. 15.4. *Двухполюсный указатель*

ONLINE ВИДЕО

ПИН 90 – Загадочный древний советкий прибор

Принцип их действия — свечение неоновой лампочки или лампы накаливания (мощностью не более 10 Вт) при протекании через нее тока, обусловленного разностью потенциалов между двумя частями электрической установки, к которым прикасается указатель. Потребляя малый ток — от долей до нескольких миллиампер, лампа обеспечивает устойчивый и четкий световой сигнал, излучая оранжево-красный свет.

Электроизмерительные клещи

Электроизмерительные клещи предназначены для измерения электрических величин — тока, напряжения, мощности, фазового угла и др. — без разрыва токовой цепи и без нарушения ее работы. Соответственно измеряемым величинам существуют клещевые амперметры, ампервольтметры, ваттметры и фазометры.

Наибольшее распространение получили **клещевые амперметры переменного тока**, которые обычно называют **токоизмерительными клещами**. Они служат для быстрого измерения тока в проводнике без разрыва и без вывода его из работы. Электроизмерительные клещи применяются в установках до 10 кВ включительно.

Принцип действия. Простейшие токоизмерительные клещи переменного тока работают на принципе одновиткового трансформатора тока (**рис. 15.5**), первичной обмоткой которого является шина или провод с измеряемым током, а вторичная многовитковая обмотка, к которой подключен амперметр, намотана на разъемный магнитопровод.

Измерив ток, который протекает во вторичной обмотке, с учетом известного коэффициента трансформации измерительного трансформатора можно получить величину тока, измеряемую в проводнике.

Для охвата шины магнитопровод раскрывается подобно обычным клещам при воздействии оператора на изолирующие рукоятки или рычаги клещей.

Переменный ток, проходя по токоведущей части, охваченной магнитопроводом, создает в магнитопроводе переменный магнитный поток, индуктирующий электродвижущей силой (ЭДС) во вторичной обмотке клещей. В замкнутой вторичной обмотке ЭДС создает ток, который измеряется амперметром, укрепленным на клещах.

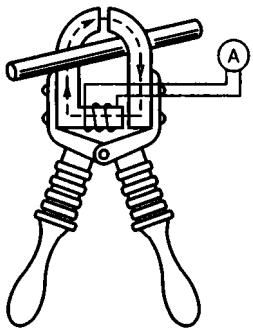


Рис. 15.5. Принцип действия токовых клещей

В современных конструкциях токоизмерительных клещей применяется схема, сочетаю-

щая трансформатор тока с выпрямительным прибором. В этом случае выводы вторичной обмотки присоединяются к электроизмерительному прибору не непосредственно, а через набор шунтов.

Измерение тока. Измерять **ток** (а по сути — **нагрузку**) с помощью токоизмерительных клещей в цепи совсем несложно и очень удобно. Сам процесс измерения заключается в следующем.

С помощью рукоятки выставляется измеряемая величина. Клещи размыкаются, в них пропускается проводник, рукоятка отпускается и клещи замыкаются. Дальнейший порядок использования электроизмерительных клещей точно такой же, как и при обращении с обычным тестером.

ПРИМЕЧАНИЕ

Подсоединять клещи можно как к изолированному, так и неизолированному проводу. Самое главное – охватываться должна только одна шина. На индикаторе прибора отображается величина тока измеряемой цепи.

Чтобы обеспечить работу в труднодоступных местах, современные токовые клещи обычно оснащаются **кнопкой, фиксирующей показания**. Таким образом, если охватить проводник и нажать кнопку, тс после размыкания магнитопровода на экране прибора сохранится зафиксированное измеренное показание прибора.

Современные токоизмерительные клещи выполняются по схеме, в которой сочетается **трансформатор тока** и **выпрямительный прибор**. Она позволяет выводы вторичной обмотки присоединять

ONLINE ВИДЕО

Как пользоваться токовыми клещами?

ONLINE ВИДЕО

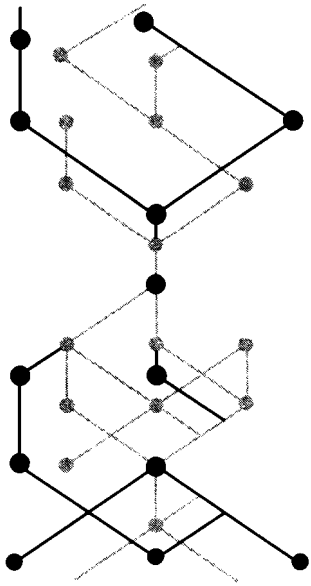
Как измерить ток клещами?

ЧАСТЬ

2

РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

- *Принцип действия асинхронных и синхронных машин переменного тока, электрических машин постоянного тока*
- *Включение электродвигателей в сеть*
- *Организация и планирование ремонтных работ электродвигателей. Виды неисправностей электродвигателей*
- *Влияние токовых перегрузок на срок службы двигателей*
- *Устранение вибрации электродвигателей*
- *Контроль нагрева электродвигателей в процессе эксплуатации*
- *Ремонт обмоток электрических машин переменного тока*
- *Предремонтные испытания электрических машин*
- *Разборка электрических машин*
- *Ремонт коллекторов, щеткодержателей и контактных колец*
- *Ремонт обмоток электрических машин*
- *Ремонт сердечников, валов и вентиляторов*
- *Ремонт станин, подшипниковых щитов и подшипников*
- *Сборка электрических машин*
- *Сушка и пропитка обмоток электродвигателей*
- *Испытания электрических машин*



ГЛАВА 16

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АСИНХРОННЫХ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Обратимость электрических машин: двигатель/генератор

Электрические машины широко применяют на электрических станциях, в промышленности, на транспорте, в авиации, в системах автоматического регулирования и управления, в быту. Электрические машины преобразуют механическую энергию в электрическую, и наоборот.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Генератор *– это машина, преобразующая механическую энергию в электрическую.*
Двигатель *– это машина, преобразующая электрическую энергию в механическую.*

ПРИМЕЧАНИЕ

Любая электрическая машина может быть использована как в качестве генератора, так и в качестве двигателя. Свойство электрической машины изменять направление преобразуемой ею энергии называется обратимостью машины.

Электрическая машина может быть также использована для преобразования электрической энергии одного рода тока (частоты, числа

фаз переменного тока, напряжения постоянного тока) в энергию другого рода тока. Такие электрические машины называются **преобразователями**.

В зависимости от рода тока электроустановки, в которой должна работать электрическая машина, они делятся на две категории: машины постоянного тока и машины переменного тока.

Машины переменного тока могут быть как **однофазными**, так и **многофазными**. Наиболее широкое применение нашли трехфазные синхронные и асинхронные машины, а также коллекторные машины переменного тока, которые допускают экономичное регулирование частоты вращения в широких пределах.

ONLINE ВИДЕО

Как работают электродвигатели переменного тока

Принцип действия электрических машин

Принцип действия электрических машин основан на использовании законов электромагнитной индукции и электромагнитных сил. Если в магнитном поле полюсов постоянных магнитов или электромагнитов (**рис. 16.1**) поместить проводник и под действием какой-либо силы F_1 перемещать его перпендикулярно магнитным линиям, то в нем возникает ЭДС, равная:

$$E = Blv,$$

где B — магнитная индукция в месте, где находится проводник; l — активная длина проводника (та часть, которая находится в магнитном поле); v — скорость перемещения проводника в магнитном поле.

Направление ЭДС (на **рис. 16.1** от зрителя за плоскость чертежа), индуктируемой в проводнике, определяется согласно **правилу правой руки**.

Если этот проводник замкнуть на какой-либо приемник энергии, то в замкнутой цепи под действием ЭДС будет протекать ток, совпадающий по направлению с ЭДС в проводнике.

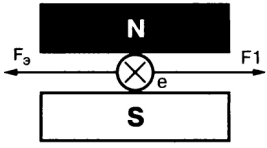


Рис. 16.1. *Схема, поясняющая принцип действия электрической машины*

В результате взаимодействия тока в проводнике с магнитным полем полюсов создается электромагнитная сила $F_э$, направление которой определяется **по правилу левой руки**. Эта сила будет направлена навстречу силе, перемещающей проводник в магнитном поле.

ONLINE ВИДЕО

Электрические машины. Основные правила и законы

При равенстве сил $F_1 = F_э$ проводник будет перемещаться с постоянной скоростью. Следовательно, в такой простейшей электрической машине механическая энергия, затрачиваемая на перемещение проводника, преобразуется в энергию электрическую, отдаваемую сопротивлению внешнего приемника энергии, т. е. машина работает **генератором**.

Та же простейшая электрическая машина может работать **двигателем**. Если от постороннего источника электрической энергии через проводник пропустить ток, то в результате взаимодействия тока в проводнике с магнитным полем полюсов создается электромагнитная сила $F_э$, под действием которой проводник начнет перемещаться в магнитном поле, преодолевая силу торможения какого-либо механического приемника энергии.

ВЫВОД

Электрическая машина, обратима, т. е. может работать как генератором, так и двигателем.

Для увеличения ЭДС и электромеханических сил электрические машины имеют обмотки, состоящие из большого числа проводов, которые соединяются между собой так, чтобы ЭДС в них были одинаково направлены и складывались.

ЭДС в проводнике будет индуктирована также и в том случае, когда проводник неподвижен, а перемещается магнитное поле полюсов.

Номинальная мощность двигателя

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Номинальная мощность двигателя *– механическая мощность на валу в режиме работы, для которого он предназначен предприятием-изготовителем.*

Ряд номинальных мощностей электродвигателей: 0,06; 0,09; 0,12; 0,18; 0,25; 0,37; 0,55; 0,75; 1,1; 1,5; 2,2; 3,7; 5,5; 7,5; 11; 15; 18,5; 22; 30; 37; 45; 55; 75; 90; 110; 132; 160; 200; 250; 315; 400 кВт.

Ряд синхронных частот вращения асинхронных двигателей установлен ГОСТ и при частоте сети 50 Гц имеет следующие значения: 500, 600, 750, 1000, 1500 и 3000 об/мин.

Механические характеристики и пусковые свойства двигателя

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Механическая характеристика *– это зависимость вращающего момента двигателя от его частоты вращения при неизменных напряжении, частоте питающей сети и внешних сопротивлениях в цепях обмоток двигателя.*

Пусковые свойства характеризуются значениями пускового момента $M_п$, минимального момента M_{min}, максимального (критического) момента $M_{кр}$, пускового тока $I_п$ или пусковой мощности $P_п$ или их кратностями.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Относительная механическая характеристика электродвигателя *– зависимость вращающего момента, отнесенного к номинальному вращающему моменту, от скольжения.*

Номинальный вращающий момент электродвигателя, Н/м, определяется по формуле

$$M_{ном} = 9550\,(P_{ном}/n_{ном}),$$

где $P_{ном}$ — номинальная мощность, кВт; $n_{ном}$ — номинальная частота вращения, об/мин.

Разновидности механических характеристик для различных модификаций асинхронных двигателей показаны на **рис. 16.2**.

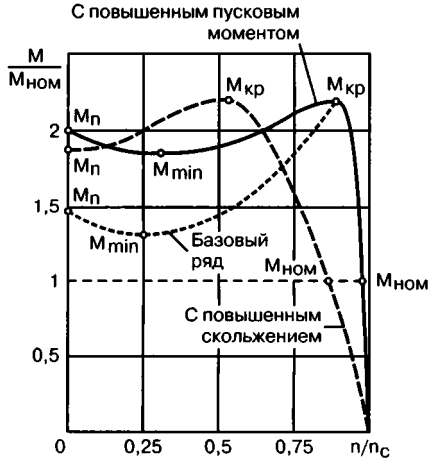


Рис. 16.2. *Механические характеристики асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором*

Рабочие характеристики электродвигателей

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Рабочие характеристики *– это зависимости подводимой мощности P_1 (тока в обмотке статора I, вращающего момента M, КПД, коэффициента мощности cos j и скольжения s) от полезной мощности двигателя P_2 при неизменных параметрах (напряжении на выводах обмотки статора, частоте сети и внешних сопротивлениях в цепях обмоток двигателя).*

Если такие зависимости отсутствуют, то значения КПД и cos φ могут быть приближенно определены по **рис. 16.3** ... **рис. 16.5**.

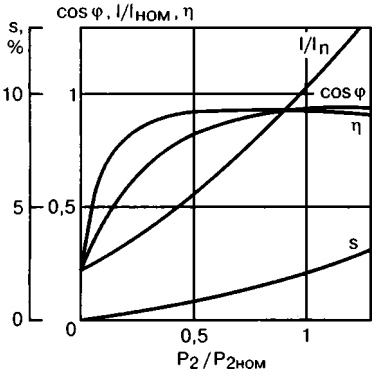


Рис. 16.3. *Типовые рабочие характеристики асинхронных электродвигателей*

В асинхронных двигателях применяются следующие **способы охлаждения:**

- **IC01** –двигатели со степенями защиты IP20, IP22, IP23 с вентилятором, расположенным на валу двигателя;
- **IC05** –двигатели со степенями защиты IP20, IP22, IP23 с пристроенным вентилятором, имеющим независимый привод;
- **IC0041** –двигатели со степенями защиты IP43, IP44, IP54 с естественным охлаждением;

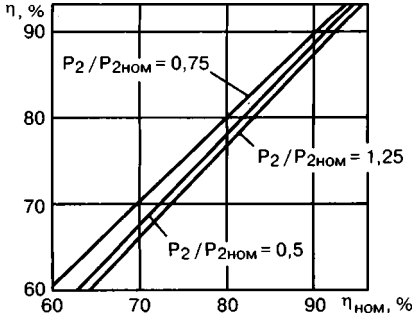


Рис. 16.4. *Коэффициент полезного действия электродвигателя при частичных нагрузках*

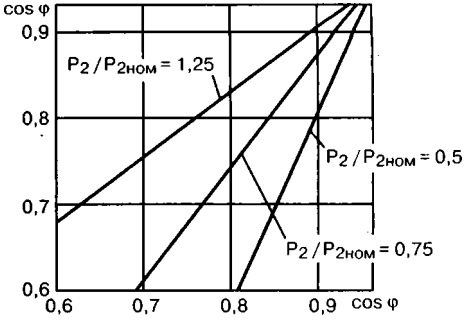


Рис. 16.5. *Коэффициент мощности электродвигателя при частичных нагрузках*

- **IC0141** —двигатели со степенями защиты IP43, IP44, IP54 с наружным вентилятором, расположенным на валу двигателя;
- **IC0541** —двигатели со степенями защиты IP43, IP44, IP54 с пристроенным вентилятором, имеющим независимый привод.

На **рис. 16.6** приведен общий вид закрытого обдуваемого электродвигателя.

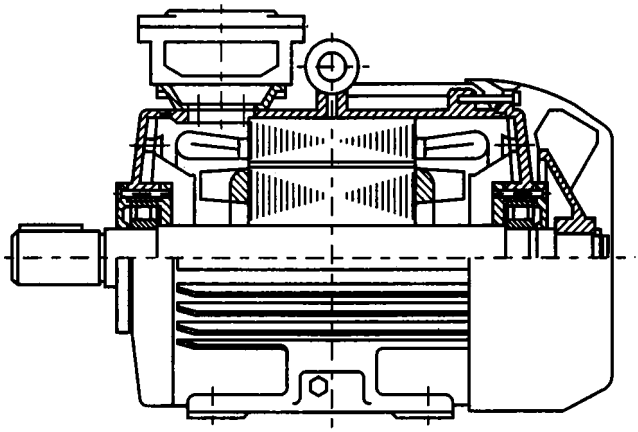


Рис. 16.6. *Закрытый обдуваемый электродвигатель (степень защиты IP44)*

Элементы асинхронного двигателя

Наибольшее распространение среди электрических двигателей получил **трехфазный асинхронный двигатель**, впервые сконструированный известным русским электриком М. О. Доливо-Добровольским.

Асинхронный двигатель отличается простотой конструкции и несложностью обслуживания. Как и любая машина переменного тока, асинхронный двигатель состоит из двух основных частей: статора и ротора.

Статором называется неподвижная часть машины, **ротором** — ее вращающаяся часть.

Асинхронная машина обладает **свойством обратимости**, т. е. может быть использована как в режиме генератора, так и в режиме двигателя. Из-за ряда **существенных недостатков** асинхронные генераторы практически почти не применяются, тогда как асинхронные двигатели получили очень широкое распространение.

Многофазная обмотка переменного тока создает вращающееся магнитное поле, частота вращения которого в минуту $n_1 = 60f_1/p$.

Если ротор вращается с частотой, равной частоте вращения магнитного поля ($n_2 = n_1$), то такая частота называется **синхронной**. Если,

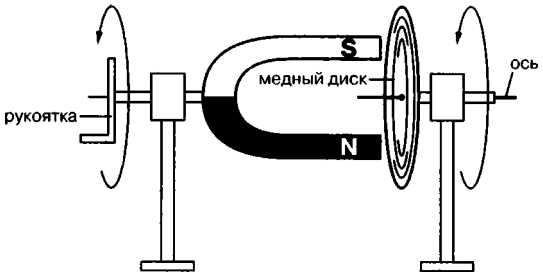


Рис. 16.7. Схема, поясняющая принцип действия асинхронного двигателя

ротор вращается с частотой, не равной частоте вращения магнитного поля ($n_2 \neq n_1$), то такая частота называется **асинхронной**.

В асинхронном двигателе рабочий процесс может протекать только при асинхронной частоте, т. е. при частоте вращения, не равной частоте вращения магнитного поля.

Частота вращения ротора может очень мало отличаться от частоты вращения поля, но при работе двигателя она будет всегда меньше ($n_2 < n_1$).

Работа асинхронного двигателя основана на явлении, названном «**диск Араго-Ленца**» (**рис. 16.7**). Это явление заключается в следующем: если перед полюсами постоянного магнита поместить медный диск, свободно сидящий на оси, и начать вращать магнит вокруг его оси при помощи рукоятки, то медный диск будет вращаться в том же направлении. Это объясняется тем, что при вращении магнита его магнитное поле пронизывает диски и индуктирует в нем вихревые токи.

В результате взаимодействия вихревых токов с магнитным полем магнита возникает сила, приводящая диск во вращение.

ПРИМЕЧАНИЕ

На основании закона Ленца направление всякого индуктированного тока таково, что он противодействует причине, его вызвавшей. Поэтому вихревые токи в теле диска стремятся задержать вращение магнита, но, не имея возможности сделать это, приводят диск во вращение так, что он следует за магнитом. При этом частота вращения диска всегда меньше, чем частота вращения магнита.

Если бы эти частоты почему-либо стали одинаковыми, то магнитное поле не перемещалось бы относительно диска и, следовательно, в нем не возникали бы вихревые токи, т. е. не было бы силы, под действием которой диск вращается.

В асинхронных двигателях постоянный магнит замен вращающимся магнитным полем, создаваемым трехфазной обмоткой статора при включении ее в сеть переменного тока.

Вращающееся магнитное поле статора пересекает обмотки ротора и индуктирует в них ЭДС. Если обмотка ротора замкнута на какое-либо сопротивление или накоротко, то по ней под действием индуктируемой ЭДС проходит ток.

ONLINE ВИДЕО

Принцип работы асинхронного электродвигателя

В результате взаимодействия тока в обмотке ротора с вращающимся магнитным полем обмотки статора создастся вращающий момент, под действием которого ротор начинает вращаться по направлению вращения магнитного поля.

Если предположить, что в какой-то момент времени частота вращения ротора оказалась равной частоте вращения поля статора, то проводники обмотки ротора не будут пересекать магнитное поле статора и тока в роторе не будет. В этом случае вращающий момент станет равным нулю, и частота вращения ротора уменьшится по сравнению с частотой вращения поля статора, пока не возникнет вращающий момент, уравновешивающий тормозной момент, который складывается из момента нагрузки на валу и момента сил трения в машине.

Для изменения направления вращения ротора, т. е. для реверсирования двигателя, необходимо изменить направление вращения магнитного поля, созданного обмоткой статора.

Это достигается изменением чередования фаз обмоток статора, для чего следует поменять местами по отношению к зажимам сети любые два из трех проводов, соединяющих обмотку статора с сетью.

Реверсивные двигатели снабжаются переключателями, при помощи которых можно изменять чередование фаз обмоток статора, а, следовательно, и направление вращения ротора.

Вне зависимости от направления вращения ротора его частота $\mathbf{n_2}$, как уже указывалось, всегда меньше частоты вращения магнитного поля статора.

Устройство асинхронного двигателя

Сердечник статора (**рис. 16.8**) набирается из стальных пластин толщиной **0,35** или **0,5 мм**. Пластины штампуют с впадинами (пазами), изолируют лаком или окалиной для уменьшения потерь на вихревые токи, собирают в отдельные пакеты и крепят в станине двигателя.

К станине прикрепляют также боковые щиты с помещенными на них подшипниками, на которые опирается вал ротора. Станину устанавливают на фундаменте.

В продольные пазы статора укладывают проводники его обмотки, которые соединяют между собой так, что образуется трехфазная

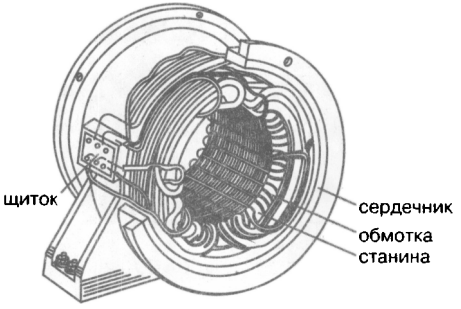


Рис. 16.8. Устройство статора асинхронного двигателя

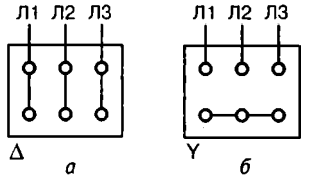


Рис. 16.9. Соединение зажимов на щитке двигателя при включении обмотки статора: треугольником (а); звездой (б)

система. На щитке машины имеется шесть зажимов, к которым присоединяются начала и концы обмоток каждой фазы.

Для подключения обмоток статора к трехфазной сети они могут быть соединены звездой или треугольником, что дает возможность включать двигатель в сеть с двумя различными линейными напряжениями.

Например, двигатель может работать от сети с напряжением **220** и **127 В**. На щитке машины указаны оба напряжения сети, на которые рассчитан двигатель, т. е. **220/127 В** или **380/220 В**.

Для более низких напряжений, указанных на щитке, обмотка статора соединяется **треугольником**, для более высоких — **звездой**.

При соединении обмотки статора треугольником на щитке машины верхние зажимы объединяют перемычками с нижними (**рис. 16.9**). Причем каждую пару соединенных вместе зажимов подключают к линейным проводам трехфазной сети.

Для включения звездой три нижних зажима на щитке соединяют перемычками в общую точку, а верхние подключают к линейным проводам трехфазной сети.

Сердечник ротора (**рис. 16.10, *а***) также набирают из стальных пластин толщиной **0,5 мм**, изолированных лаком или окалиной для уменьшения потерь на вихревые токи.

Пластины штампуют с впадинами и собирают в пакеты, которые крепят на валу машины. Из пакетов образуется цилиндр с продольными пазами, в которые укладывают проводники обмотки ротора.

В зависимости **от типа обмотки асинхронные машины** могут быть двух типов: с фазными роторами; с короткозамкнутыми роторами.

В пазах ротора укладывают массивные стержни, соединенные на торцовых сторонах медными кольцами (**рис. 16.10, *а***). Короткозамкнутая обмотка ротора выполняется **по типу беличьего колеса** (**рис. 16.10, *б***).

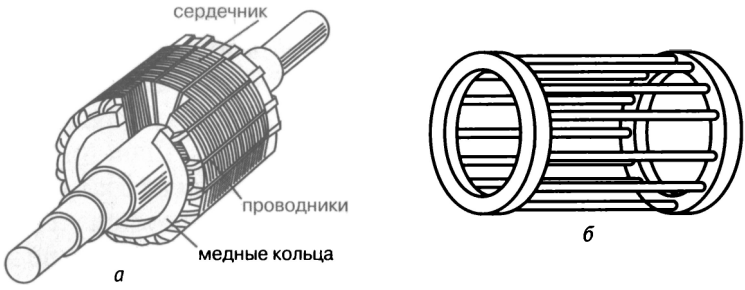


Рис. 16.10. *Ротор короткозамкнутого асинхронного двигателя: а – устройство; б – обмотка*

Часто короткозамкнутую обмотку ротора изготавливают из алюминия. Алюминий в горячем состоянии заливают в пазы ротора под давлением.

Такая обмотка всегда замкнута накоротко, и включение сопротивлений в нее невозможно.

Фазная обмотка ротора выполнена подобно статорной, т. е. проводники соответствующим образом соединены между собой, образуя **трехфазную систему**.

Обмотки трех фаз соединены звездой. Начала этих обмоток подключены к трем контактным медным кольцам, укрепленным на валу ротора. Кольца изолированы друг от друга и от вала, вращаются вместе с ротором.

При вращении колец поверхности их скользят по угольным или медным щеткам, неподвижно укрепленным над кольцами. Обмотка ротора может быть замкнута на какое-либо сопротивление или накоротко, при помощи указанных щеток.

Двигатели с замкнутым ротором проще и надежнее в эксплуатации, значительно дешевле, чем двигатели с фазным ротором. Однако двигатели с фазным ротором, как мы увидим ниже, обладают лучшими пусковыми и регулировочными свойствами.

В настоящее время асинхронные двигатели выполняют преимущественно с короткозамкнутым ротором и лишь при больших мощностях и в специальных случаях используют фазную обмотку ротора.

В России производят асинхронные двигатели мощностью от нескольких десятков ватт до **15000 кВт** при напряжениях обмотки статора до **6 кВ**.

Между статором и ротором имеется **воздушный зазор**, величина которого оказывает существеннее влияние на рабочие свойства двигателя.

Наряду с важными положительными качествами — простотой конструкции и обслуживания, малой стоимостью — асинхронный двига-

ONLINE ВИДЕО

Устройство асинхронного электродвигателя

тель имеет и некоторые **недостатки**, из которых наиболее существенным является относительно низкий коэффициент мощности (cosφ).

У асинхронного двигателя cosφ при полной нагрузке может достигать значений **0,85—0,9**; при недогрузках двигателя его cosφ резко уменьшается и при холостом ходе составляет **0,2—0,3**.

Низкий коэффициент мощности асинхронного двигателя объясняется большим потреблением реактивной мощности, которая необходима для возбуждения магнитного поля. Магнитный поток в асинхронном двигателе встречает на своем пути воздушный зазор между статором и ротором, который в большой степени увеличивает магнитное сопротивление, а, следовательно, и потребляемую двигателем реактивную мощность.

В целях повышения коэффициента мощности асинхронных двигателей воздушный зазор стремятся делать, возможно, меньшим, доводя его у малых двигателей (**порядка 2—5 кВт**) **до 0,3 мм**. В двигателях большой мощности воздушный зазор приходится увеличивать по конструктивным соображениям, но все же он не превышает **2—2,5 мм**.

Однофазные асинхронные двигатели

Однофазные асинхронные двигатели широко применяют при небольших мощностях (**до 1—2 кВт**). Такой двигатель отличается от трехфазного тем, что на статоре его помещается однофазная обмотка. Ротор однофазного асинхронного двигателя имеет фазную или короткозамкнутую обмотку.

Особенностью однофазных асинхронных двигателей является отсутствие начального или пускового момента, т. е. при включении такого двигателя в сеть ротор его будет оставаться неподвижным.

Если же под действием какой-либо внешней силы вывести ротор из состояния покоя, то двигатель будет развивать вращающий момент.

Отсутствие начального момента является существенным недостатком однофазных асинхронных двигателей. Поэтому они всегда **снабжаются пусковым устройством**.

Наиболее простым пусковым устройством являются две обмотки, помещенные на статоре, сдвинутые одна относительно другого на половину полюсного деления (90° электрических). Эти обмотки катушек питаются от симметричной двухфазной сети, т. е. напряжения,

приложенного к обмоткам катушек, равны между собой и сдвинуты на четверть периода по фазе.

При таких напряжениях токи, проходящие по катушкам, также сдвинуты по фазе на четверть периода, что в дополнение к пространственному сдвигу катушек дает возможность получить вращающееся магнитное поле.

При наличии вращающего магнитного поля двигатель развивает **пусковой момент**. В действительности двухфазная сеть обычно отсутствует, и пуск однофазного двигателя осуществляется включением двух в одну общую для них однофазную сеть.

Для **получения угла сдвига фаз** между токами в катушках, примерно равного $\pm\pi/2$ (четверти периода), одну из катушек (рабочую) включают в сеть непосредственно или с пусковым активным сопротивлением, а вторую катушку (пусковую) — через индуктивную катушку (**рис. 16.11, *а***) или конденсатор (**рис. 16.12, *б***). Пусковая обмотка включается только на период пуска в ход.

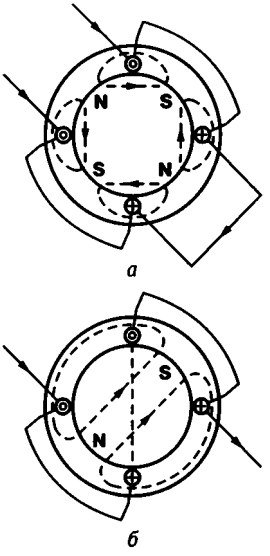


Рис. 16.11. *Схемы переключения обмотки статора на разное число полюсов:*
а – четыре полюса;
б – два полюса

В момент, когда ротор приобретает определенную частоту вращения, пусковая обмотка отключается от сети центробежным выключателем или специальным реле; двигатель работает как однофазный.

В качестве однофазного двигателя может быть использован любой трехфазный асинхронный двигатель. При работе трехфазного двигателя в качестве однофазного рабочая или главная обмотка, состоящая из двух последовательно соединенных фаз, включается непосредственно в однофазную сеть, третья фаза, являющаяся пусковой или вспомогательной обмоткой, включается в ту же сеть через пусковой элемент — сопротивление, индуктивность или конденсатор.

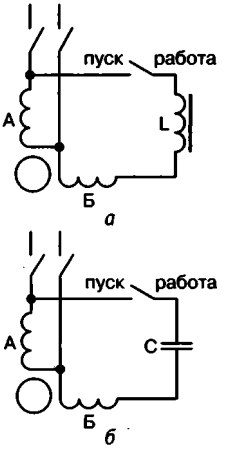


Рис. 16.12. *Схема пуска однофазного двигателя при включении в цепь пусковой обмотки:*
(а) индуктивности,
(б) емкости

Конденсаторный (двухфазный) двигатель представляет собой однофазный асинхронный двигатель с двумя обмотками на статоре и короткозамкнутым ротором. Вспомогательная обмотка рассчитана на длительное прохождение тока и остается включенной не только при пуске в ход двигателя, но и при работе.

ONLINE ВИДЕО

Принцип работы однофазного асинхронного электродвигателя

При работе конденсаторного двигателя возникает вращающееся поле, наличие которого улучшает его рабочие свойства в сравнении с однофазными. При увеличении емкости конденсатора возрастает и пусковой момент двигателя. Однако увеличение емкости батареи конденсаторов в рабочем режиме нежелательно, так как это ведет к снижению частоты вращения и КПД двигателя.

Пуск в ход асинхронных двигателей

При включении асинхронного двигателя в сеть переменного тока по обмоткам его статора и ротора будут проходить токи, в несколько раз больше номинальных. Это объясняется тем, что при неподвижном роторе вращающееся магнитное поле пересекает его обмотку с большой частотой, равной частоте вращения магнитного поля в пространстве, и индуктирует в этой обмотке большую ЭДС. Эта ЭДС создает большой ток в цепи ротора, что вызывает возникновение соответствующего тока и в обмотке статора.

При увеличении частоты вращения ротора скольжение уменьшается, что приводит к уменьшению ЭДС и тока в обмотке ротора. Это, в свою очередь, вызывает уменьшение тока в обмотке статора.

Большой пусковой ток нежелателен как для двигателя, так и для источника, от которого двигатель получает энергию. При частых пусках большой ток приводит к резкому повышению температуры обмоток двигателя, что может вызвать преждевременное старение их изоляции.

В сети при больших токах понижается напряжение, которое оказывает влияние на работу других приемников энергии, включенных в эту же сеть.

Поэтому прямой пуск двигателя непосредственным включением его в сеть допускается только в том случае, когда мощность двигателя, намного меньше мощности источника энергии, питающего сеть.

Если мощность двигателя соизмерима с мощностью источника энергии, то необходимо уменьшить ток, потребляемый этим двигателем при пуске в ход.

Двигатели с фазным ротором обладают очень хорошими пусковыми свойствами. Для уменьшения пускового тока обмотку ротора замыкают на активное сопротивление, называемое **пусковым реостатом (рис. 16.13)**.

При включении такого сопротивления в цепь обмотки ротора ток в ней уменьшается, а, следовательно, уменьшаются токи как в обмотке статора, так и потребляемый двигателем из сети. При этом увеличится активная составляющая тока ротора и, следовательно, вращающий момент, развиваемый двигателем при пуске в ход.

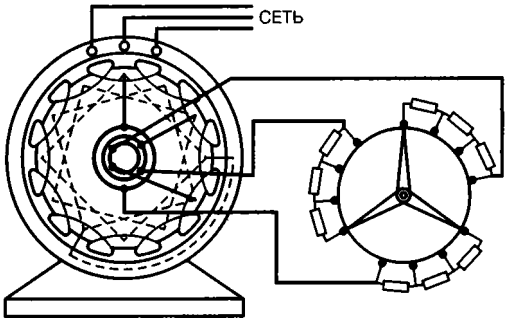


Рис. 16.3. Схема включения пускового реостата в цепь фазного ротора асинхронного двигателя

Пусковые реостаты имеют несколько контактов, поэтому можно постепенно уменьшать сопротивление, введенное в цепь обмотки ротора. После достижения ротором нормальной частоты вращения реостат полностью выводится, т. е. обмотку ротора замыкают накоротко.

При нормальной частоте ротора скольжение мало и ЭДС, индуктируемая в его обмотке, также незначительна. Поэтому никакие добавочные сопротивления в цепи ротора не нужны.

Пусковые реостаты работают непродолжительное время в процессе разгона двигателя и рассчитываются на кратковременное действие. Если оставить реостат включенным длительное время, то он выйдет из строя.

Двигатели с короткозамкнутым ротором при малой мощности их по сравнению с мощностью источника энергии пускают в ход непосредственным включением в сеть.

При большой же мощности двигателей пусковой ток уменьшают, понижая приложенное напряжение. Для понижения напряжения на время пуска двигатель включают в сеть через понижающий автотрансформатор или реакторы. При вращении ротора с нормальной частотой вращения двигатель переключают на полное напряжение сети.

Недостатком такого способа пуска двигателя в ход является резкое уменьшение пускового момента. Для уменьшения пускового тока в **N** раз необходимо приложенное напряжение понизить также в **N** раз. При этом пусковой момент, пропорциональный квадрату напряжения, уменьшится в $\mathbf{N}^2$ раз. Таким образом, понижение напряжения допустимо при пуске двигателя без нагрузки или при малых нагрузках, когда пусковой момент может быть небольшим.

ONLINE ВИДЕО

Пуск асинхронного двигателя

Часто двигатель пускают в ход посредством переключения обмотки статора со звезды на тре-

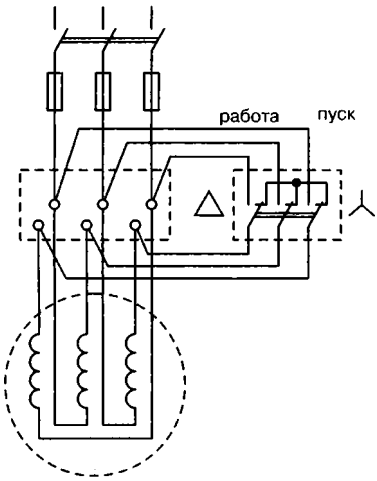


Рис. 16.14. *Схема пуска короткозамкнутого асинхронного двигателя с переключением обмотки статора со звезды на треугольник*

угольник (**рис. 16.14**). В момент пуска обмотку статора соединяют звездой, а после того как двигатель разовьет частоту вращения, близкую к нормальной, ее переключают треугольником.

При таком способе пуска двигателя в ход пусковой ток в сети уменьшается в три раза по сравнению с пусковым током, который потреблялся бы двигателем, если бы при пуске обмотка статора была соединена треугольником.

Этот способ пуска можно применять для двигателя, обмотка статора которого при питании от сети данного напряжения должна быть соединена треугольником.

Регулирование частоты вращения трехфазных асинхронных двигателей

Частота вращения ротора определяется следующим выражением:

$$n_2 = n_1(1 - S) = (60f_1/p)(1 - S).$$

Из этого выражения видно, что частоту вращения ротора регулировать изменением любой из трех величин, определяющих ее, т. е. изменением частоты тока сети $\mathbf{f_1}$, числа пар полюсов **p** и скольжения **S**.

Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей изменением частоты тока сети сложно, так как необходим какой-либо регулирующий преобразователь частоты или генератор. Поэтому этот способ не имеет широкого применения.

Число полюсов машины может быть изменено, если на статоре имеется несколько обмоток (обычно две) с различным числом полюсов или одна обмотка, которую можно переключать на различное число полюсов, или две обмотки, каждая из которых может переключаться на различное число полюсов.

На **рис. 16.11, *а*** схематически показаны две обмотки одной фазы, соединенные последовательно, которые могут быть переключены на четыре полюса. Если изменить направление тока в одной из катушек, включив ее встречно с другой, то обмотка может переключаться на два полюса (**рис. 16.11, *б***).

При изменении числа полюсов обмотки статора изменится частота вращения его магнитного поля, а, следовательно, и частота вращения ротора двигателя.

Этот способ регулирования частоты вращения асинхронного двигателя экономичен, но **недостатком** его является ступенчатое изменение частоты. Кроме того, стоимость такого двигателя значительно возрастает вследствие усложнения обмотки статора и увеличения габаритов машины.

Регулирование частоты вращения изменением числа полюсов применяют в двигателях с короткозамкнутым ротором. В двигателях с фазным ротором этот способ не используется, так как приходится одновременно изменять число полюсов обмотки статора и число полюсов обмотки вращающегося ротора, что весьма сложно.

Обычно встречаются двигатели с синхронными частотами вращения **500-750-1000-1500 об/мин**. Такие двигатели имеют на статоре две обмотки, каждая из которых может быть переключена на различное число полюсов.

Скольжение можно изменять **регулировочным реостатом**, введенным в цепь обмотки ротора, а также регулированием напряжения сети.

При регулировании напряжения питающей сети изменяется вращающий момент двигателя пропорционально квадрату напряжения. При уменьшении вращающего момента уменьшится частота вращения ротора, т. е. увеличится скольжение.

Регулировочный реостат включается в цепь обмотки фазного ротора подобно пусковому реостату, но в отличие от пускового он рассчитывается на длительное прохождение тока.

При включении регулировочного реостата ток в роторе уменьшится. Это вызывает снижение вращающего момента двигателя и, следовательно, уменьшение частоты вращения или увеличение скольжения.

При увеличении скольжения увеличивается ЭДС и ток в роторе. Частота вращения или скольжение будет изменяться до восстановления равновесия моментов, т. е. пока ток в роторе не примет своего начального значения.

Этот способ регулирования частоты вращения может быть использован только в **двигателях с фазным ротором**. Несмотря на то, что он является неэкономичным (так как в регулировочном реостате происходит значительная потеря энергии), этот двигатель имеет широкое распространение.

ONLINE ВИДЕО

Регулирование частоты вращения ротора трехфазных асинхронных двигателей

Асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми свойствами

Простота конструкции и надежность в эксплуатации **двигателей с короткозамкнутым ротором** являются их существенным **достоинством**, благодаря чему они получили широкое применение в промышленности. На эти двигатели имеют плохие пусковые характеристики.

Значительное улучшение пусковых характеристик асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором достигается изменением конструкции ротора: используют роторы с двойной короткозамкнутой обмоткой и с глубокими пазами.

Ротор с двойной короткозамкнутой обмоткой был впервые предложен М. О. Доливо-Добровольским в 1889 г. Он имеет две короткозамкнутые обмотки, выполненные в виде беличьих клеток (**рис. 16.15, *а***).

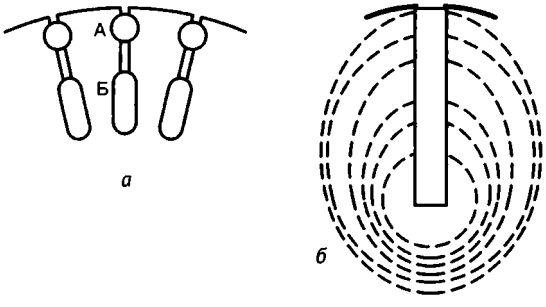


Рис. 16.15. *Схема устройства ротора:*
а – с двойной короткозамкнутой обмоткой;
б – с глубокими пазами

Число пазов верхней **А** и нижней **Б** клеток может быть одинаково или различно. Наружная обмотка **А** выполнена из стержней малого поперечного сечения, а внутренняя обмотка **Б** — из стержней большого поперечного сечения. Поэтому активное сопротивление обмотки **А** оказывается значительно большим, чем активное сопротивление обмотки **Б** ($R_А >> R_В$).

Вследствие того что стержни внутренней обмотки **Б** глубоко погружены в тело ротора и окружены сталью, индуктивное сопротивление внутренней обмотки значительно больше, чем индуктивное сопротивление внешней обмотки ($X_Б >> X_А$).

Принцип действия этого двигателя состоит в следующем. В момент включения двигателя в сеть ротор неподвижен и частота тока в роторе равна частоте тока в сети $f_2 = f_1$.

Ток в обмотках **А** и **Б** распределяется обратно пропорционально их полным сопротивлениям.

Так как реактивные сопротивления обмоток асинхронных машин значительно больше их активных сопротивлений, то при пуске в ход распределение тока между обмотками **А** и **Б** примерно обратно пропорционально их индуктивным сопротивлениям.

Поэтому при пуске в ход ток в основном протекает по проводникам внешней обмотки **А**, имеющей меньшее индуктивное и большее активное сопротивление. Эта обмотка называется **пусковой**.

В рабочем режиме скольжение мало и, следовательно, частота тока в роторе также мала ($f_2 \approx 0$). Поэтому индуктивные сопротивления обмоток не имеют значения и токи в обмотках **А** и **Б** обратно пропорциональны их активным сопротивлениям.

Таким образом, в рабочем режиме ток в основном проходит по проводникам внутренней обмотки **Б**, имеющим меньшее активное сопротивление. Эта обмотка называется **рабочей**. При такой конструкции ротора увеличивается активное сопротивление его обмотки в момент пуска в ход двигателя. Это уменьшает пусковой ток и увеличивает пусковой момент также, как включение пускового реостата в цепь фазного ротора.

В двигателях с глубокими пазами на роторе короткозамкнутая обмотка ротора выполняется в виде узких полос (**рис. 16.15, *б***). При такой конструкции обмотки происходит оттеснение тока к верхней части проводников вследствие того, что нижние части проводников сцеплены с большим магнитным потоком рассеяния, чем верхние части.

Ток, проходящий по проводникам, стремится сконцентрироваться преимущественно в верхней их части, что равносильно уменьшению поперечного сечения или увеличению активного сопротивления этих проводников.

Это явление оттеснения тока в верхние части проводников особенно сильно сказывается в момент включения двигателя, когда частота тока в роторе равна частоте тока сети и, следовательно, при пуске в ход повышается активное сопротивление обмотки ротора, что увеличивает пусковой момент.

При увеличении частоты вращения ротора частота тока в его обмотке уменьшается, и ток более равномерно распределяется по сечению стержней. При нормальной частоте вращения неравномерность распределения тока по поперечному сечению стержней почти полностью исчезает.

Пусковой момент двигателей этого типа $M_п = (1—1{,}5)M_н$, а пусковой ток $I_п = (4—5)I_н$.

В двигателях с двойной короткозамкнутой обмоткой и с глубокими пазами пусковые моменты больше и пусковые токи меньше, чем у обычных короткозамкнутых двигателей.

Рабочие характеристики этих двигателей несколько хуже, чем обычных короткозамкнутых двигателей.

ONLINE ВИДЕО

Асинхронные двигатели SMD

ГЛАВА 17

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СИНХРОННЫХ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Принцип действия синхронного генератора

В синхронных машинах частота вращения ротора равна частоте вращения магнитного поля статора и, следовательно, определяется частотой тока сети и числом пар полюсов, т. е. $n = 60f/p$ и $f = pn/60$.

Как и всякая электрическая машина, синхронная машина обратима, т. е. может работать как генератором, так и двигателем.

Электрическая энергия вырабатывается синхронными генераторами, **первичными двигателями** которых являются:

- либо гидравлические турбины;
- либо паровые турбины;
- либо двигатели внутреннего сгорания.

Обычно обмотки возбуждения получают энергию от возбудителя, который представляет собой генератор постоянного тока.

Возбудитель находится на одном валу с рабочей машиной. Его мощность составляет малую величину, порядка **1—5%** мощности синхронной машины, возбуждаемой им.

При небольшой мощности часто используются схемы питания обмоток возбуждения синхронных машин от сети переменного тока через полупроводниковые выпрямители.

Простейшим генератором может быть виток из провода, вращающийся в магнитном поле (**рис. 17.1**). Магнитное поле возбуждается током обмотки возбуждения, помещенной на полюсах статора **N-S**.

При вращении витка проводники пересекают магнитное поле, созданное между полюсами **N-S**, вследствие чего в витке будет индуктироваться ЭДС.

Концы витка соединены с кольцами, вращающимися вместе с витком. Если на кольцах поместить неподвижные щетки и соединить их с приемником электрической энергии, то по замкнутой цепи, состоящей из витка, колец, щеток и приемника энергии, пойдет электрический ток под действием ЭДС.

ONLINE ВИДЕО

Синхронный генератор, устройство и принцип действия

Полученная в таком простейшем генераторе ЭДС будет непрерывно изменяться в зависимости от положения витка в магнитном поле. Когда проводники находятся под осями полюсов (**рис. 17.1**), то при вращении витка они пересекают в единицу времени наибольшее число линий магнитного поля. Следовательно, в данный момент индуктируемая в витке ЭДС будет иметь наибольшее значение.

В дальнейшем при повороте витка изменится число линий магнитного поля, пересекаемых в единицу времени проводниками. При повороте витка на **90°** в пространстве проводники будут перемещаться в вертикальном направлении, совпадающем с направлением магнитных линий поля. Следовательно, проводники не пересекают магнитных линий и ЭДС в витке равна нулю.

При повороте витка на угол, больший **90°**, изменится направление перемещения этих проводников в магнитное поле, а, следовательно, и направление ЭДС, индуктируемой в витке.

Если магнитное поле между полюсами **N** и **S** распределяется равномерно, то ЭДС будет меняться во времени синусоидально. За один оборот витка в пространстве ЭДС, индуктируемая в нем, претерпевает один период изменения.

Если виток вращается при помощи какого-либо первичного двигателя с постоянной частотой вращения **n** в минуту, то в этом витке индуктируется переменная ЭДС с частотой $f = n/60$.

Устройство синхронного генератора

Возникновение ЭДС в проводниках возможно как при перемещении этих проводников в неподвижном магнитном поле, так и при перемещении магнитного поля относительно неподвижных проводников.

В первом случае полюсы, т. е. индуктирующая часть машины, возбуждающая магнитное поле, помещаются на неподвижной части

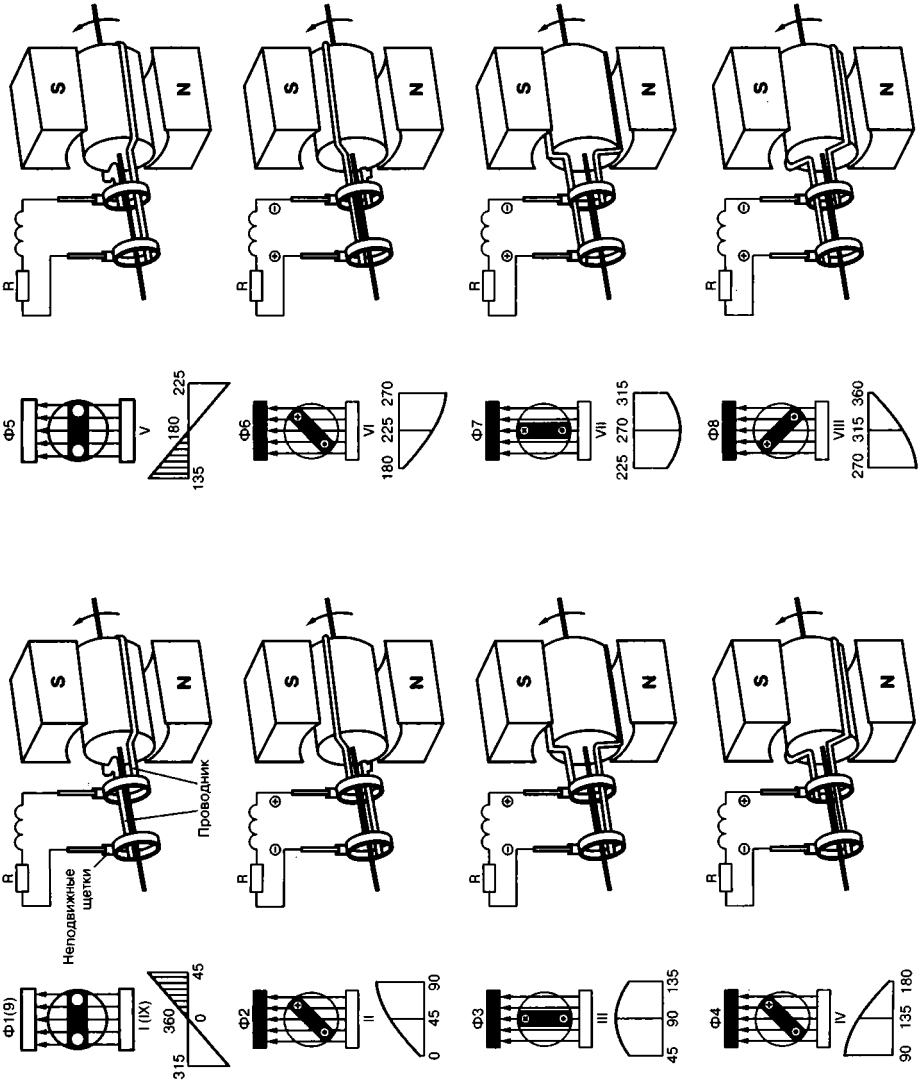


Рис. 17.1. Схема работы генератора переменного тока

машины (на статоре), а индуктируемая часть (якорь), т. е. проводники, в которых создается ЭДС, на вращающейся части машины (на роторе).

Во втором случае полюсы помещаются на роторе, а якорь — на статоре.

Выше мы рассмотрели принцип действия синхронного генератора с неподвижными полюсами и вращающимся якорем. В таком генераторе энергия, вырабатываемая им, передается приемнику энергии посредством скользящих контактов — контактных колец и щеток.

Скользящий контакт в цепи большой мощности создает значительные потери энергии, а при высоких напряжениях наличие такого контакта крайне нежелательно. Поэтому генераторы с вращающимся якорем и неподвижными полюсами выполняют только при невысоких напряжениях (**до 380/220 В**) и небольших мощностях (**до 15 кВА**).

Наиболее широкое применение получили синхронные генераторы, в которых полюсы помещены на роторе, а якорь — на статоре.

Ток возбуждения протекает по обмотке возбуждения, которая представляет собой последовательно соединенные катушки, помещенные на полюсы ротора.

Концы обмотки возбуждения соединены с контактными кольцами, которые крепятся на валу машины. На кольцах помещаются неподвижные щетки, посредством которых в обмотку возбуждения подводится постоянный ток от постороннего источника энергии — генератора постоянного тока, называемого возбудителем.

Устройство статора синхронного генератора аналогично устройству статора асинхронной машины.

Ротор синхронных генераторов выполняют либо с явно выраженными (выступающими) полюсами, либо с неявно выраженными полюсами, т. е. без выступающих полюсов.

В машинах с относительно малой частотой вращения (при большом числе полюсов) роторы должны быть с явно выраженными плюсами (**рис. 17.2, *а***), равномерно расположенными по окружности ротора. **Полюс** состоит из сердечника, полюсного наконечника и катушки обмотки возбуждения, помещаемой на сердечнике полюса.

Первичные двигатели синхронных генераторов с явно выраженными полюсами обычно представляют собой гидравлические турбины, являющиеся тихоходными машинами.

При большой частоте вращения такое устройство ротора не может обеспечить нужной механической прочности и поэтому у высокоскоростных машин роторы выполняют с неявно выраженными полюсами (**рис. 17.2, *б***).

ONLINE ВИДЕО

Электромагнитное возбуждение синхронных генераторов

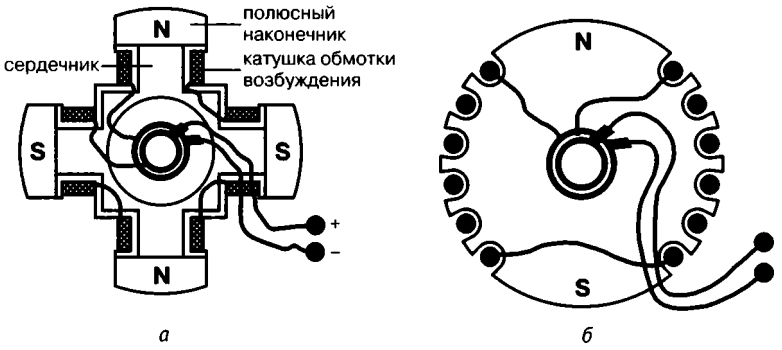


Рис. 17.2. *Ротор синхронной машины:*
а – с явно выраженными полюсами; б – с неявно выраженными полюсами

Сердечники роторов с неявно выраженными полюсами обычно изготовляют из цельных поковок, на поверхности которых фрезеруются пазы. После укладки обмоток возбуждения на роторе пазы его забиваются клиньями, а лобовые соединения обмотки возбуждения укрепляются стальными бандажами, помещенными на торцовых частях ротора. При такой конструкции ротора допускаются большие частоты вращения.

Для генераторов с неявно выраженными полюсами первичными двигателями обычно являются паровые турбины, принадлежащие к числу быстроходных машин.

Работа синхронного генератора под нагрузкой

Если синхронный генератор не нагружен, т. е. работает вхолостую, то тока в обмотках статора нет. Магнитный поток полюсов, созданный током возбуждения, индуктирует в трехфазной обмотке статора ЭДС. При нагрузке генератора по обмотке статора протекает ток.

При симметричной нагрузке токи в фазах обмотки статора равны и сдвинуты на 1/3 периода. Токи статора создают вращающееся магнитное поле, частота вращения которого $n_1 = 60f/p = n$, т. е. магнитное поле, созданное токами в обмотке статора, вращается синхронно с магнитным полем полюсов.

В обмотке статора синхронного генератора создается ЭДС, величина которой зависит от магнитного потока полюсов.

Если магнитный поток полюсов очень мал, то и ЭДС также мала. При увеличении магнитного потока возрастает и ЭДС машины.

При постоянной частоте вращения ротора ЭДС пропорциональна магнитному потоку, который возбуждается постоянным током, протекающим по проводникам обмотки возбуждения.

Если повысить ток в обмотке возбуждения, то возрастет и магнитный поток полюсов, что вызовет увеличение ЭДС машины.

Следовательно, изменение тока в обмотке возбуждения вызывает соответствующее изменение ЭДС машины и позволяет регулировать напряжение на зажимах генератора.

При холостом ходе синхронного генератора напряжение равно ЭДС, индуктированной в обмотке статора.

При нагрузке генератора напряжение не равно ЭДС, так как в сопротивлении (активном и реактивном) обмотки статора возникает падение напряжения.

А токи, проходящие по обмоткам статора, создают **поток реакции якоря**, который воздействует на поток полюсов, так что при нагрузке магнитный поток не будет равен магнитному потоку полюсов при холостой работе генератора.

Поэтому изменение нагрузки, т. е. тока в статоре генератора, будет вызывать изменение напряжения на зажимах генератора в случае, если ток в обмотке возбуждения остается неизменным.

На **рис. 17.3, *а*** изображены внешние характеристики синхронного генератора при активной и реактивной нагрузках. Эти характеристики показывают зависимость напряжения на зажимах генератора от тока нагрузки при неизменных частоте вращения ротора и токе возбуждения. Различный вид этих характеристик при активной, индуктивной и емкостной нагрузках объясняется неодинаковым воздействием поля реакции якоря на магнитный поток полюсов.

Для нормальной работы любого приемника электрической энергии требуется **постоянное напряжение сети**. Чтобы обеспечить постоянное напряжение сети при изменении нагрузки в синхронном генераторе, изменяют и ток возбуждения.

Зависимость, показывающая, каким образом необходимо изменить ток в обмотке возбуждения для того, чтобы при изменении нагрузки генератора напряжение на его зажимах оставалось неизменным, называется **регулировочной характеристикой** (**рис. 17.3, *б***).

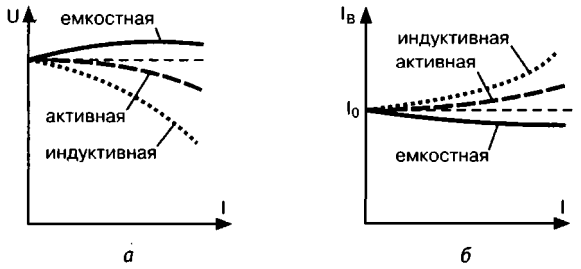


Рис. 17.3. *Характеристики синхронного генератора:*
а – внешние; б – регулировочные

При активной нагрузке увеличение тока в статоре вызывает незначительное понижение напряжения, так как реакция якоря уменьшает магнитный поток в малой степени. При этой нагрузке требуется незначительно увеличить ток возбуждения для обеспечения постоянства напряжения.

При индуктивной нагрузке создается размагничивающее поле реакции якоря, уменьшающее поток полюсов. Поэтому для постоянства напряжения (т. е. для постоянства результирующего магнитного потока) необходимо в большей мере увеличить ток возбуждения для компенсации размагничивающего поля реакции якоря.

При емкостной нагрузке происходит усиление магнитного поля, и для постоянства напряжения следует уменьшить ток возбуждения при увеличении тока в статоре.

Наиболее часто синхронные генераторы работают на общую мощную сеть электростанции или энергосистемы. Напряжение такой сети U_c и частота тока в ней неизменны. ЭДС генератора $e_г$ равна и противоположна напряжению сети $e_г = -u_c$.

Результирующее магнитное поле $\mathbf{\Phi_р}$ статора, вращающееся с частотой $n_1 = 60f/p$ в пространстве, опережает напряжение $\mathbf{E_г}$ на **90°** (**рис. 17.4**).

При неизменном напряжении сети $\mathbf{U_c}$ амплитуда магнитного потока $\mathbf{\Phi_р}$ результирующего магнитного поля статора также неизменна.

При активной нагрузке генератора ток статора **I** совпадает по фазе с напряжением $\mathbf{U_г}$. Поток реакции якоря $\mathbf{\Phi_я}$ совпадает по фазе с током **I**, так что вектор тока в статоре **I** в другом масштабе определит вектор $\mathbf{\Phi_я}$. Результирующий магнитный поток создается действием потока полюсов $\mathbf{\Phi_m}$ и потока реакции якоря $\mathbf{\Phi_я}$ и может быть представлен геометрической суммой этих магнитных потоков.

Изменение тока возбуждения генератора не вызывает изменения его активной мощности, так как мощность, потребляемая им от первичного двигателя, остается неизменной (вращающий момент первичного двигателя и частота вращения постоянны).

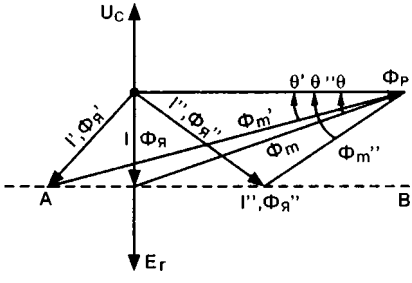


Рис. 17.4. *Векторная диаграмма синхронного генератора при различных токах возбуждения*

Поэтому активная составляющая тока статора постоянна и конец вектора **I** ($\mathbf{\Phi_я}$) находится на прямой **AB**, параллельной горизонтальной оси.

Если увеличить ток возбуждения, то возрастет поток полюсов $\mathbf{\Phi_m}$`, вектор которого находится между прямой **AB** и концом неизменного вектора $\mathbf{\Phi_р}$.

В этом случае изменится как по величине, так и по направлению век-

тор **I`** и $\mathbf{Ф_я}$`, т. е. ток окажется отстающим по фазе от напряжения генератора.

При уменьшении тока возбуждения уменьшится также и поток полюсов $\mathbf{Ф_m}$", что приведет к изменению тока в статоре **I"** ($\mathbf{Ф_я}$") как по величине, так и по фазе.

Таким образом, изменение тока возбуждения генератора, работающего на мощную сеть, вызывает изменение реактивной составляющей тока в статоре, т. е. изменяет реактивную мощность, вырабатываемую генератором.

Для изменения активной мощности необходимо изменить вращающий момент первичного двигателя, приводящего во вращение ротор синхронного генератора.

Под действием вращающего момента первичного двигателя $\mathbf{M_1}$ ротор машины с помещенными на нем полюсами приводится во вращение с частотой вращения в минуту **n**.

Результирующее поле статора вращается в том же направлении с частотой $\mathbf{n_1 = n}$ (**рис. 17.5, *а***).

Следовательно, поле полюсов $\mathbf{Ф_m}$ и результирующее поле статора $\mathbf{Ф_р}$ вращаются синхронно, оставаясь неподвижными друг относительно друга, и между этими полями устанавливается взаимодействие. В результате создается электромагнитный тормозной момент $\mathbf{M_э}$, уравновешивающий момент первичного двигателя.

При равновесии моментов $\mathbf{M_1 = M_э}$ угол между осями магнитных полей θ остается неизменным.

Если увеличить момент первичного двигателя $\mathbf{M_1}$` (**рис. 17.5, *б***), то он окажется больше тормозного, и ротор, получив некоторое ускорение, начнет перемещаться относительно поля статора, вращающегося с постоянной частотой $n_1 = 60f/p$ (частота тока сети f постоянна).

При этом угол между осями магнитных полей ротора и статора $\mathbf{θ_1}$ возрастет, увеличивая тормозной электромагнитный момент $\mathbf{M_э}$` так, что вновь восстановится равновесие моментов, т. е. $\mathbf{M_1}$` = $\mathbf{M_э}$`.

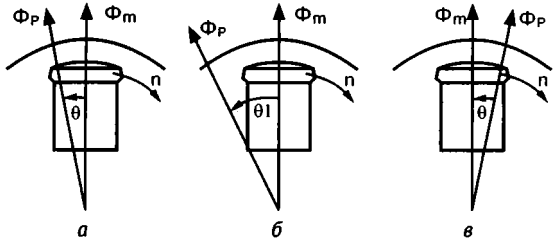


Рис. 17.5. *Угол между осями магнитных полей ротора и статора при меньшем (а), большем (б) моментах первичного двигателя и при работе синхронной машины двигателем (в)*

Для **включения генератора в сеть** необходимо:

- одинаковое чередование фаз в сети и генераторе;
- равенство напряжения сети и ЭДС генератора;
- равенство частот ЭДС генератора и напряжения сети;
- включать генератор в тот момент, когда ЭДС генератора в каждой фазе направлена встречно напряжению сети.

Невыполнение этих условий ведет к тому, что в момент включения генератора в сеть возникают токи, которые могут оказаться большими и вывести из строя генератор.

При включении генераторов в сеть используют специальные устройства — **синхроноскопы**.

Простейшим синхроноскопом являются три лампы накаливания, включаемые между зажимами генератора и контактами сети. Лампы должны быть рассчитаны на двойное напряжение сети, и до включения генератора будут одновременно загораться и погасать.

В момент, когда ЭДС генератора равна и направлена встречно напряжению сети, лампы погаснут, так как напряжение на каждой лампе равно нулю. При погасании ламп генератор включается в сеть.

До включения генератора в сеть ЭДС его измеряется вольтметром и регулированием тока возбуждения устанавливают ее, равной напряжению сети. Частота ЭДС генератора регулируется изменением частоты вращения первичного двигателя.

Схожесть конструкции синхронных двигателей и генераторов

Синхронный двигатель не имеет принципиальных конструктивных отличий от синхронного генератора. Также как и в генераторе, на статоре синхронного двигателя помещается трехфазная обмотка, при включении которой в сеть трехфазного переменного тока будет создано вращающееся магнитное поле $\mathbf{\Phi_p}$, частота вращения в минуту которого $n_1 = 60f/p$.

ONLINE ВИДЕО

Отличия синхронного и асинхронного двигателей

На роторе двигателя помещена обмотка возбуждения, включаемая в сеть источника постоянного тока. Ток возбуждения создает магнитный поток полюсов $\mathbf{\Phi_m}$. Вращающееся магнитное поле, полученное токами обмотки статора, увлекает за собой полюсы ротора (**рис. 17.5, *в***).

При этом ротор может вращаться только синхронно с полем, т. е. с частотой, равной частоте вращения поля статора. Таким образом, частота

вращения синхронного двигателя строго постоянна, если неизменна частота тока питающей сети.

Достоинство синхронных двигателей

Основным **достоинством** синхронных двигателей является возможность их работы с потреблением опережающего тока, т. е. двигатель может представлять собой емкостную нагрузку для сети. Такой двигатель повышает cosφ всего предприятия, компенсируя реактивную мощность других приемников энергии.

Также как и в генераторах, в синхронных двигателях изменение реактивной мощности, т. е. изменение **cosφ**, достигается регулированием тока возбуждения. При некотором токе возбуждения, соответствующем нормальному возбуждению, cosφ = 1. Уменьшение тока возбуждения вызывает появление отстающего (индуктивного) тока в статоре, а при увеличении тока возбуждения (перевозбужденный двигатель) — опережающего (емкостного) тока в статоре.

Достоинством синхронных двигателей является также меньшая, чем у асинхронных, чувствительность к изменению напряжения питающей сети. У синхронных двигателей вращающий момент пропорционален напряжению сети в первой степени, тогда как у асинхронных — квадрату напряжения.

Вращающий момент синхронного двигателя создается в результате взаимодействия магнитного поля статора с магнитным полем полюсов. От напряжения сети зависит только магнитный поток поля статора.

Пуск синхронных двигателей

Синхронные двигатели выполняют преимущественно с явно выраженными полюсами, и работают они в нормальном режиме с опережающим током при cosφ = 0,8. Возбуждение синхронные двигатели получают либо от возбудителя, либо от сети переменного тока через полупроводниковые выпрямители.

Пуск в ход синхронного двигателя непосредственным включением его в сеть невозможен, так как при включении обмотки статора в сеть создается вращающееся магнитное поле, а ротор в момент включения неподвижен.

Для пуска в ход двигателя необходимо предварительно довести частоту вращения ротора до синхронной частоты или близкой к ней.

В настоящее время исключительное применение имеет так называемый **асинхронный пуск синхронных двигателей**, сущность которого заключается в следующем.

В полюсных наконечниках ротора синхронного двигателя уложена **пусковая обмотка**, выполненная в виде беличьего колеса наподобие короткозамкнутой обмотки ротора асинхронной машины. Обмотка статора двигателя включается в трехфазную сеть, и пуск его производится так же, как и пуск асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.

После того как двигатель разовьет частоту, близкую к синхронной (примерно 95%), обмотка возбуждения включается в сеть постоянного тока, и двигатель входит в синхронизм, т. е. частота ротора увеличивается до синхронной.

При пуске в ход двигателя обмотка возбуждения замыкается на сопротивление, примерно в 10—12 раз большее сопротивление самой обмотки.

Нельзя обмотку возбуждения при пуске в ход оставить разомкнутой или замкнуть накоротко. Если при пуске в ход обмотка возбуждения окажется разомкнутой, то в ней будет индуктироваться очень большая ЭДС, опасная как для изоляции обмотки, так и для обслуживающего персонала.

Создание ЭДС большой величины объясняется тем, что при пуске в ход поле статора вращается с большой частотой относительно неподвижного ротора и с большой частотой пересекает проводники обмотки возбуждения, имеющей число витков.

Работа синхронной машины с потреблением из сети переменного тока дает возможность использовать ее в качестве компенсатора.

Компенсатором является синхронный двигатель, работающий без нагрузки и предназначенный для повышения cosφ предприятия.

Конструктивно компенсатор отличается от синхронного двигателя незначительно. Компенсатор не несет механической нагрузки, поэтому его вал и ротор легче, а воздушный зазор меньше, чем у двигателя.

Основным **недостатком синхронных двигателей** является потребность в источнике как переменного, так и постоянного тока.

Потребность в источнике постоянного тока для питания обмотки возбуждения синхронного двигателя делает его крайне неэкономичным при небольших мощностях.

Поэтому при малых мощностях синхронные двигатели с возбуждением постоянным током не находят применения и рассмотреть, на примере, мы их не сможем.

ONLINE ВИДЕО

Пуск синхронных двигателей

ГЛАВА 18

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

Устройство машины постоянного тока

Если поместить на якоре два витка под углом 90° один к другому и концы этих витков соединить с четырьмя коллекторными пластинами, то пульсация ЭДС и тока во внешней цепи значительно уменьшится. При увеличении числа коллекторных пластин пульсация быстро уменьшается и при большом числе коллекторных пластин ЭДС и ток практически постоянны.

На **рис. 18.1** показан общий вид машины постоянного тока. Неподвижная часть является индуктирующей, т. е. создающей магнитное поле, а вращающаяся часть — индуктируемой (якорем).

Неподвижная часть машины (**рис. 18.2, *а***) состоит из главных полюсов, дополнительных полюсов и станины. Главный полюс (**рис. 18.2, *б***) представляет собой электромагнит, создающий магнитный поток.

Он состоит из сердечника, обмотки возбуждения и полюсного наконечника. Полюсы крепятся на станине с помощью болта.

Сердечник полюса отливается из стали и имеет поперечное сечение овальной формы. На сердечнике полюса помещена катушка обмотки возбуждения, намотанная из изолированного медного провода. Катушки всех полюсов соединяются последовательно, образуя обмотку возбуждения.

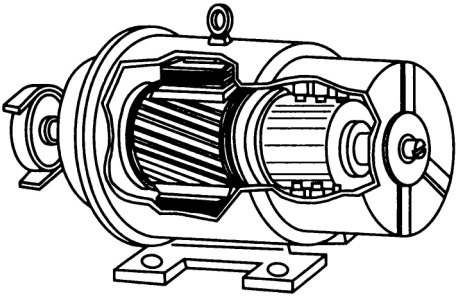


Рис. 18.1. *Генератор постоянного тока*

Рис. 18.2. *Устройство статора машины постоянного тока:*
а – схема статора; б – схема главного полюса

Ток, проходящий по обмотке возбуждения, создает магнитный поток. Полюсный наконечник удерживает обмотку возбуждения на полюсе и обеспечивает равномерное распределение магнитного поля под полюсом.

Полюсному наконечнику придают такую форму, при которой воздушный зазор между полюсами и якорем одинаков по всей длине полюсной дуги.

Добавочные полюсы имеют также сердечник и обмотку. Добавочные полюсы расположены между главными полюсами, и число их может быть либо равным числу главных полюсов, либо вдвое меньшим. Добавочные полюсы устанавливают в машинах больших мощностей; они служат для устранения искрения под щетками.

В машинах малых мощностей добавочных полюсов обычно нет.

Станину отливают из стали; она является остовом машины. На станине крепят главные и добавочные полюсы, а на торцовых сторонах ее — боковые щиты с подшипниками, удерживающими вал машины.

Вращающаяся часть машины (якорь) состоит из сердечника, обмотки и коллектора (**рис. 18.3, *а***). Сердечник якоря представляет собой цилиндр, собранный из листов электротехнической стали. Листы изолируются друг от друга лаком или бумагой для уменьшения потерь на вихревые токи. Стальные листы штампуют на станках по шаблону; они имеют пазы, в которых укладываются проводники обмотки якоря.

Рис. 18.3. *Якорь машины постоянного тока:*
а – общий вид; б – щетка и щеткодержатель

В теле якоря делают воздушные каналы для охлаждения обмотки и его сердечника. Обмотка тщательно изолируется от сердечника и закрепляется в пазах деревянными клиньями.

Лобовые соединения укрепляются стальными бандажами. Все секции обмотки, помещенные на якоре, включаются между собой последовательно, образуя замкнутую цепь, и присоединяются к коллекторным пластинам.

Коллектор представляет собой цилиндр, состоящий из отдельных пластин. Коллекторные пластины изготовляют из твердотянутой меди и изолируют между собой и от корпуса прокладками из миканита.

Для крепления на втулке коллекторным пластинам придают форму «ласточкина хвоста», который зажимается между выступом на втулке и шайбой, имеющими форму, соответствующую форме пластины. Шайба крепится к втулке болтами.

Коллектор является наиболее сложной в конструктивном отношении и наиболее ответственной в работе частью машины. Поверхность коллектора должна быть строго цилиндрической во избежание биения и искрения щеток.

Для соединения обмотки якоря с внешней цепью на коллекторе помещают неподвижные щетки, которые могут быть графитными, угольно-графитными или бронзо-графитными. В **машинах высокого напряжения** применяют графитные щетки, имеющие большое переходное сопротивление между щеткой и коллектором, в **машинах низкого напряжения** — бронзо-графитные щетки.

Щетки помещают в особых щеткодержателях (**рис. 18.3, *б***). Щетка, помещенная в обойме щеткодержателя, прижимается пружиной к коллектору.

На щеткодержателе может находиться несколько щеток, включенных параллельно. **Щеткодержатели** помещаются на щеточных болтах-пальцах, которые, в свою очередь, закреплены на траверсе.

Щеточные пальцы изолируются от траверсы изоляционными шайбами и втулками. Число щеткодержателей обычно равно числу полюсов.

Траверса устанавливается на подшипниковом щите в машинах малой и средней мощности или прикрепляется к станине в большой мощности. Траверсу можно поворачивать и этим изменять положение щеток относительно полюсов. Обычно траверса находится в таком положении, при котором расположение щеток в пространстве совпадает с расположением главных полюсов.

ONLINE ВИДЕО

Электрические машины постоянного тока

Обмотки якорей машины постоянного тока

Обмотки якорей машины постоянного тока изготовляют из изолированных медных проводов, а в машинах больших мощностей — из шин прямоугольного поперечного сечения. Обмотки выполняются замкнутыми.

При изготовлении обмотки из шин прямоугольного поперечного сечения (стержней) каждая секция может состоять из двух активных проводов (одновитковая секция). Из изолированного медного провода секции обмоток изготовляют в виде катушек с определенным числом витков (многовитковые секции).

В машинах постоянного тока наиболее широкое применение находят двухслойные обмотки, у которых в пазах якоря активные части секций размещаются в два слоя.

Каждая секция обмотки состоит из двух активных сторон, отстоящих друг от друга на расстоянии, близком к полюсному делению **t**, т. е. расстоянию между осями соседних разноименных полюсов.

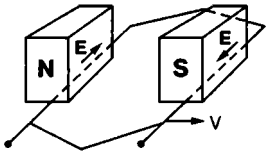


Рис. 18.4. Секция

При таком расстоянии между активными проводниками (шаге обмотки) ЭДС, индуктированные в этих проводниках, будут направлены в одну сторону, а ЭДС секции будет иметь наибольшее значение, так как ЭДС ее активных сторон складываются (**рис. 18.4**).

Одна активная часть секции находится в верхнем слое паза, другая — в нижнем. При изображении развернутых схем обмоток активные стороны, лежащие в верхнем слое паза, изображаются сплошной линией, а стороны нижнего слоя — прерывистой. Концы секции соединяются как с другими секциями обмотки, так и с коллекторными пластинами.

ONLINE ВИДЕО

Машины постоянного тока. Обмотки якоря

Секции, образующие обмотки, соединяются между собой так, чтобы индуктированные в них ЭДС были направлены согласно, т. е. в одну сторону.

Для этого начальные (конечные) проводники последовательно соединенных секций должны находиться в любой момент под полюсами одинаковой полярности. В зависимости от порядка соединения секций друг с другом обмотки могут быть: параллельными (петлевыми); последовательными (волновыми).

Рис. 18.5. *Секция простой параллельной обмотки: (а) одновитковой, (б) многовитковой*

На **рис. 18.5** показана (толстой линией) одновитковая (***а***) и многовитковая (***б***) секции параллельной обмотки, состоящие из активной части верхнего слоя паза **1** и нижнего слоя паза $\mathbf{1 + y_1}$.

В этих обмотках последовательно соединяются между собой секции начальные (конечные), активные стороны которых находятся под одним полюсом в расположенных рядом пазах.

Магнитное поле машины постоянного тока при нагрузке

При холостом ходе машины тока в якоре нет, и магнитное поле создается намагничивающей силой полюсов. Оно симметрично относительно оси полюсов и распределяется равномерно в воздушном зазоре (**рис. 18.6, *а***).

Предположим, что щетки установлены на геометрической нейтрали, т. е. на линии, проходящей через центр якоря и перпендикулярной оси полюсов.

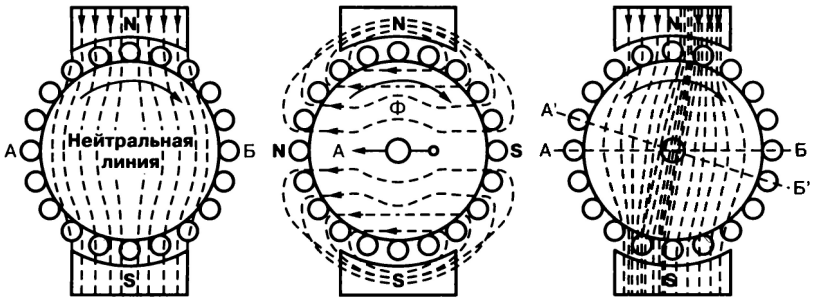


Рис. 18.6. *Магнитное поле машины постоянного тока: а – магнитное поле полюсов; б – магнитное поле якоря; в – результирующее магнитное поле при нагрузке*

При нагрузке машины в обмотке якоря протекает ток, который создает свое магнитное поле, которое, воздействуя на магнитное поле полюсов, изменяет и искажает его. Т. е. по магнитной цепи замкнется результирующий магнитный поток Фр под действием намагничивающих сил полюсов и якоря.

Результирующий магнитный поток Φ_p не равен потоку полюсов Φ_m при холостом ходе.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Воздействие поля, созданного током в якоре при нагрузке машины, на магнитное поле полюсов называется ***реакцией якоря****.*

Пропустим по проводникам обмотки якоря невозбужденной машины ток от постороннего источника. Если такой ток протекал бы при нагрузке машины, то создавалось бы магнитное поле якоря (**рис. 18.6, *б***). Это поле якоря замыкается в направлении, перпендикулярном оси полюсов и называется **поперечным полем реакции якоря**.

Магнитодвижущая сила якоря направлена:

- под одним краем полюса (под набегающим для генератора и под сбегающим для двигателя) встречно магнитодвижущей силе полюсов;
- под другим краем полюса (под сбегающим для генератора и под набегающим для двигателя) согласно магнитодвижущей силе полюсов.

Следовательно, под одним краем полюса происходит уменьшение, а под другим — увеличение магнитной индукции.

Таким образом, при нагрузке машины результирующее магнитное поле будет несимметрично относительно оси полюсов (**рис. 18.6, *в***). Т. е. поперечное поле реакции якоря перераспределяет магнитное поле полюсов, ослабляя его под одним краем и усиливая под другим.

Поле реакции якоря также смещает физическую нейтраль, т. е. линию, проходящую через центр якоря и перпендикулярную МДС результирующего магнитного поля.

Переключение секции из одной ветви обмотки в другую

Под **коммутацией** понимают переключение секции из одной ветви обмотки в другую и происходящее при этом изменение направления тока в ней.

При вращении якоря машины коллекторные пластины поочередно соприкасаются со щетками, так что в определенные промежутки вре-

мени секция или несколько секций замыкаются щеткой. Поскольку переходное сопротивление между щеткой и коллекторной пластиной мало, то замыкание секций близко к их короткому замыканию.

На **рис. 18.7, *а*** показана коммутируемая секция простой параллельной обмотки. В этой секции протекает ток одной параллельной ветви:

$$i_я = I/2a,$$

где I — ток нагрузки; $2a$ — число параллельных ветвей обмотки.

При вращении якоря его обмотка и коллектор перемещаются относительно неподвижной щетки справа налево. В некоторый момент, соответствующий началу коммутации, щетка соприкасается с коллекторной пластиной **1**, соединенной с двумя проводами обмотки, в каждом из которых проходит ток одной параллельной ветви.

Таким образом, через коллекторную пластину и щетку проходит ток, равный сумме токов двух параллельных ветвей $2i_я$.

В выделенной нами секции ток равен току одной параллельной ветви и в данный момент направлен против часовой стрелки.

В дальнейшем при вращении якоря щетка будет соприкасаться с коллекторными пластинами **1** и **2**, замыкая рассматриваемую нами секцию (**рис. 18.7, *б***).

В определенный момент щетка полностью перейдет на коллекторную пластину **2**. Ток в этой секции изменит направление на обратное (**рис. 18.7, *в***). Т. е. секция переключится из одной параллельной ветви в другую.

Время переключения секции, называемое **периодом коммутации**, мало, и за это время в секции ток изменяется от $+ i_я$ до $- i_я$.

При изменении тока в секции создается **ЭДС самоиндукции**, которая может достигать сравнительно больших значений.

Кроме того, поскольку процесс коммутации происходит одновременно в нескольких секциях под всеми щетками, то в каждой секции создаются ЭДС взаимоиндукции.

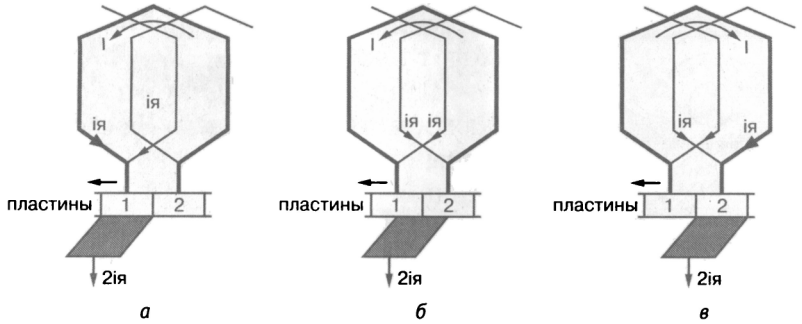


Рис. 18.7. *Коммутируемая секция обмотки:*
а – до начала коммутации; б – при коммутации; в – по окончании коммутации

ЭДС самоиндукции и взаимоиндукции, называемые **реактивными ЭДС**, препятствуя изменениям тока, вызывают неравномерное распределение плотности тока под щеткой. Это является причиной образования искрения, которое особенно интенсивно в момент размыкания щеткой секции обмотки.

Чрезмерная плотность тока при наличии разности потенциалов между щеткой и коллектором приводит к образованию дугового разряда. Он ионизирует тончайшие слои воздуха, находящегося между щеткой и коллектором и способствует развитию дуги.

Дуга может перейти к щетке другой полярности, образовав круговой огонь на коллекторе, и это приведет к повреждению последнего.

Искрение щеток может быть также вызвано рядом других причин:

- неровностью поверхности коллектора;
- биением щеток;
- загрязненностью поверхности коллектора;
- наличием влаги на ней и т. д.

Даже незначительное искрение щеток нежелательно, так как увеличивается износ щеток и коллектора, а также повышается его нагрев из-за увеличения переходного сопротивления между щеткой и коллектором.

Наиболее эффективным способом улучшения коммутации является **компенсация реактивных ЭДС**. Для этого в зоне коммутации, в которой находятся активные стороны коммутируемых секций, необходимо создать такое внешнее магнитное поле, при котором индуктируемая в секциях ЭДС вращения e_v будет равна и противоположна реактивной ЭДС e_r, т. е. $e_v = -e_r$.

Для создания такого внешнего магнитного поля устанавливают дополнительные полюсы $\mathbf{N_K}$ и $\mathbf{S_K}$, размещая их между главными полюсами.

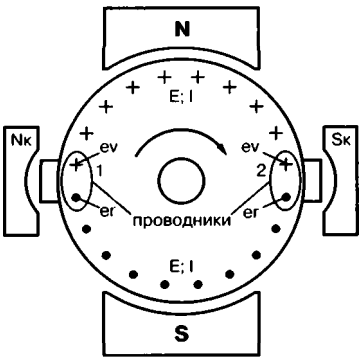


Рис. 18.8. *Полярность дополнительных полюсов в генераторах постоянного тока*

Если якорь (**рис. 18.8**) вращается каким-либо двигателем в направлении часовой стрелки, то в обмотке якоря индуктируется ЭДС и при нагрузке проходит ток.

Направления ЭДС и тока в проводниках обмотки совпадают. На схеме выделены проводники **1** и **2** коммутируемой секции.

Реактивная ЭДС **er**, препятствуя изменениям тока в коммутируемой секции, будет направлена в проводниках **1** и **2** встречно изменениям тока. Для компенсации реактивной ЭДС в проводни-

ках **1** и **2** нужно создать ЭДС вращения $e_v = -e_r$, для чего и установлены дополнительные полюсы $\mathbf{N_K}$ и $\mathbf{S_K}$.

Полярность дополнительного полюса в генераторе должна соответствовать полярности следующего за ним в направлении вращения якоря главного полюса.

В двигателе полярность дополнительного полюса должна соответствовать полярности предыдущего по направлению вращения якоря главного полюса.

Обмотку возбуждения дополнительных полюсов соединяют последовательно с обмоткой якоря для того, чтобы реактивная ЭДС была компенсирована при любой нагрузке машины.

Для этой же цели магнитная цепь дополнительных полюсов ненасыщенна, т. е. между сердечником якоря и дополнительным полюсом создан сравнительно большой воздушный промежуток. Так как реактивная ЭДС пропорциональна току в якоре, то она компенсируется при любой нагрузке машины в том случае, если ЭДС вращения также пропорциональна току нагрузки.

Поэтому магнитное поле в зоне коммутации должно изменяться пропорционально току якоря.

Простейший генератор постоянного тока

Простейшим генератором является виток, вращающийся в магнитном поле полюсов **N** и **S** (**рис. 18.9**). В таком витке индуктируется переменная во времени ЭДС. Поэтому при соединении концов витка с контактными кольцами, вращающимися вместе с витком, в нагрузке через неподвижные щетки протекает переменный ток, т. е. такая машина является **генератором переменного тока**.

Для преобразования переменного тока в постоянный применяют **генераторы постоянного тока**, принцип действия которого состоит в следующем. Концы каждого витка (**рис. 18.9**) присоединены к двум медным полукольцам (сегментам), называемым **коллекторными пластинами**.

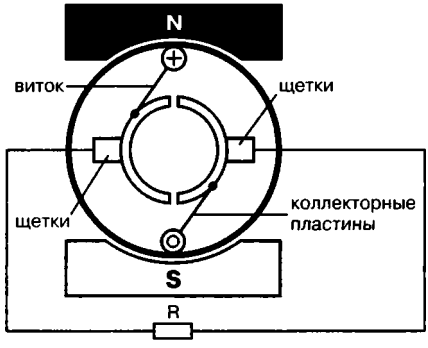


Рис. 18.9. Генератор постоянного тока

Пластины жестко укреплены на валу машины и изолированы как друг от друга, так и от вала. На пла-

ONLINE ВИДЕО

Модель генератора постоянного тока banggood

стинах помещены неподвижные щетки, электрически соединенные с приемником энергии.

При вращении витка коллекторные пластины также вращаются вместе с валом машины. Каждая из неподвижных щеток соприкасается то с одной, то с другой пластиной.

Щетки на коллекторе установлены так, чтобы они переходили с одной пластины на другую в тот момент, когда ЭДС, индуктируемая в витке, была равна нулю.

В этом случае при вращении якоря в витке индуктируется переменная ЭДС, изменяющаяся синусоидально при равномерном распределении магнитного поля. Но каждая из щеток соприкасается с той коллекторной пластиной и, соответственно, с тем из проводников, который в данный момент находится под полюсом определенной полярности.

Следовательно, ЭДС на щетках знака не меняет, и ток по внешнему участку замкнутой электрической цепи проходит в одном направлении от одной щетки через сопротивление **R** к другой щетке. Однако, несмотря на неизменность направления ЭДС во внешней цепи, величина ее меняется во времени, т. е. получена не постоянная, а пульсирующая ЭДС. Ток во внешней цепи будет также пульсирующим.

Работа машины постоянного тока в режиме генератора

Якорь генератора приводится во вращение каким-либо двигателем, развивающим вращающий момент $\mathbf{M_1}$. При перемещении проводников обмотки якоря в магнитном поле полюсов в них индуктируется ЭДС, направление которой определяется правилом правой руки (**рис. 18.10**). Если якорь вращается с частотой в минуту **n**, то в его обмотке индуктируется ЭДС $E = CnФ$.

Если обмотку якоря через щетки замкнуть на какой-либо приемник энергии $\mathbf{R_н}$ (сопротивление нагрузки), то через этот приемник и обмотку якоря будет проходить ток I, направление которого в обмотке якоря совпадает с направлением ЭДС.

В результате взаимодействия этого тока с магнитным полем полюсов создается электромагнитный момент $\mathbf{M_э}$, направление которого определяется правилом левой руки.

Таким образом, развиваемый машиной **электромагнитный момент** является **тормозным**, направленным встречно направлению вращения якоря машины. Так что для вращения последнего первичный

двигатель должен развивать вращающий момент М1 достаточный для преодоления электромагнитного тормозного момента, следовательно, машина потребляет механическую энергию.

В случае равновесия моментов, т. е. $\mathbf{M_1} = \mathbf{M_э}$, якорь машины вращается с неизменной частотой.

При **нарушении равновесия моментов** частота вращения якоря начнет изменяться. Если момент первичного двигателя уменьшится, т. е. станет меньше электромагнитного момента генератора ($\mathbf{M_1} < \mathbf{M_э}$), вращение якоря машины начнет замедляться. При этом будет уменьшаться как ЭДС, так и ток в обмотке якоря, что понизит тормозной электромагнитный момент генератора.

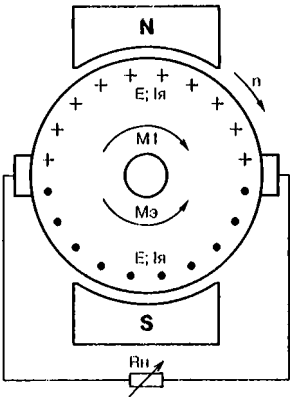


Рис. 18.10. Схема работы генератора постоянного тока

В случае увеличения момента первичного двигателя ($\mathbf{M_1} > \mathbf{M_э}$) частота вращения якоря, а также ЭДС и ток в его обмотке будут возрастать, что увеличит тормозной электромагнитный момент.

При нарушении равновесия моментов частота вращения якоря, ЭДС и ток в его обмотке претерпевают изменения до восстановления равновесия моментов, т. е. пока электромагнитный момент генератора не станет равным вращающему моменту первичного двигателя.

Таким образом, любое изменение момента первичного двигателя, т. е. потребляемой генератором мощности, вызывает соответствующее изменение как электромагнитного момента генератора, так и вырабатываемой им мощности.

Также при изменениях нагрузки генератора потребуется соответствующее изменение момента первичного двигателя для поддержания постоянства частоты вращения якоря генератора.

Ток обмотки якоря **I** при нагрузке генератора встречает на своем пути сопротивление внешней нагрузки $\mathbf{R_н}$, сопротивление обмотки якоря $\mathbf{R_{об}}$ и сопротивление переходных контактов между щетками и коллектором $\mathbf{R_щ}$.

Обозначив через $\mathbf{R_я}$ внутреннее сопротивление машины, представляющее собой сумму сопротивлений обмотки якоря и щеточных контактов ($R_{об} + R_щ$), для тока в якоре можем записать следующее выражение: $I = E/(R_я + R_н)$.

Сопротивление $\mathbf{R_щ}$ непостоянно и зависит от многих факторов: величины и направления тока,

ONLINE ВИДЕО

Как работает электродвигатель и генератор постоянного тока

состояния коллектора, силы нажатия щеток на коллектор, частоты вращения.

Падение напряжения в щеточных контактах остается почти неизменным при изменениях нагрузки (принимается равным **2 В** на пару угольных и графитных щеток). Поэтому внутреннее сопротивление машины $R_я$ также непостоянно при изменении нагрузки генератора.

Генераторы постоянного тока с магнитным и электромагнитным возбуждением

Генераторы постоянного тока могут быть выполнены с магнитным и электромагнитным возбуждением.

Для **создания магнитного потока** используют:

- в генераторах с магнитным возбуждением — постоянные магниты;
- в генераторах с электромагнитным возбуждением — электромагниты.

Постоянные магниты применяют лишь в машинах малых мощностей. Таким образом, электромагнитное возбуждение является наиболее широко используемым способом для создания магнитного потока.

При этом способе возбуждения магнитный поток создается током, проходящим по обмотке возбуждения.

В зависимости от способа питания обмотки возбуждения генераторы постоянного тока могут быть двух типов:

- с независимым возбуждением:
- с самовозбуждением.

При независимом возбуждении (**рис. 18.11, *а***) обмотка возбуждения включается в сеть вспомогательного источника энергии постоянного тока. Для регулирования тока возбуждения $I_в$ в цепи обмотки включено сопротивление $R_р$. При таком возбуждении ток $I_в$ не зависит от тока в якоре **I**.

Недостатком генераторов независимого возбуждения является потребность в дополнительном источнике энергии. Поэтому генераторы независимого возбуждения находят очень ограниченное применение только в машинах высоких напряжений, у которых питание обмотки возбуждения от цепи якоря недопустимо по конструктивным соображениям.

Генераторы с самовозбуждением в зависимости от включения обмотки возбуждения могут быть параллельного (**рис. 18.11, *б***), последовательного (**рис. 18.11.2, *в***) и смешанного (**рис. 18.11, *г***) возбуждения.

У генераторов **параллельного возбуждения** ток мал (несколько процентов номинального тока якоря), и обмотка возбуждения имеет большое число витков.

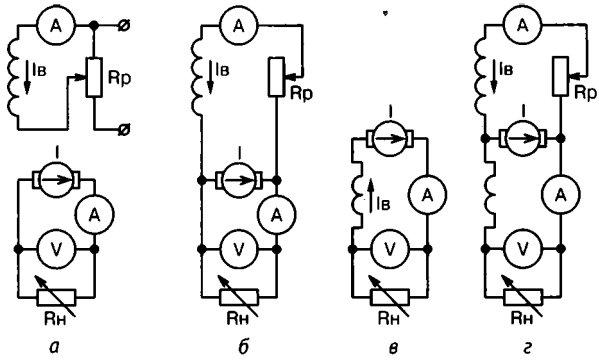


Рис. 18.11. Схемы возбуждения генераторов постоянного тока: независимого (а); параллельного (б); последовательного (в); смешанного (г)

При **последовательном возбуждении** ток возбуждения равен току якоря и обмотка возбуждения имеет малое число витков.

При **смешанном возбуждении** на полюсах генератора помещаются две обмотки возбуждения — параллельная и последовательная.

Процесс самовозбуждения генераторов постоянного тока протекает одинаково при любой схеме возбуждения. Рассмотрим, например, процесс самовозбуждения в генераторах параллельного возбуждения, получивших наиболее широкое применение.

Какой-либо первичный двигатель вращает якорь генератора, магнитная цепь (ярмо и сердечники полюсов) которого имеет небольшой остаточный магнитный поток $\mathbf{\Phi_0}$. Этим магнитным потоком в обмотке вращающегося якоря индуктируется ЭДС $\mathbf{E_0}$, составляющая несколько процентов номинального напряжения машины.

Под действием ЭДС $\mathbf{E_0}$ в замкнутой цепи, состоящей из якоря и обмотки возбуждения, проходит ток $\mathbf{I_в}$.

Магнитодвижущая сила обмотки возбуждения $\boldsymbol{\omega}\mathbf{I_в}$ ($\boldsymbol{\omega}$ — число витков) направлена согласно с потоком остаточного магнетизма, увеличивая магнитный поток машины $\mathbf{\Phi}$, что вызывает повышение как ЭДС в обмотке якоря $\mathbf{E}$, так и тока в обмотке возбуждения $\mathbf{I_в}$. Увеличение последнего приводит к дальнейшему возрастанию $\mathbf{\Phi}$, что, в свою очередь, увеличивает $\mathbf{E}$ и $\mathbf{I_в}$.

Из-за насыщения стали магнитной цепи машины самовозбуждение происходит не беспредельно, а до какого-то определенного напряжения, зависящего от частоты вращения якоря машины и сопротивления в цепи обмотки возбуждения.

При насыщении стали магнитной цепи увеличение магнитного потока замедляется, и процесс самовозбуждения заканчивается.

Увеличение сопротивления в цепи обмотки возбуждения уменьшает как ток в ней, так и магнитный поток, возбуждаемый этим током. Поэтому уменьшается ЭДС и напряжение, до которого возбуждается генератор.

Напряжение так же, как и ЭДС, прямо пропорционально частоте, вследствие чего с изменением частоты вращения изменяется и напряжение, до которого возбуждается генератор.

ONLINE ВИДЕО

Способы возбуждения электрических машин постоянного тока

Характеристики генераторов постоянного тока

Характеристики генератора определяют его рабочие свойства и представляют зависимость между основными величинами, которыми являются ЭДС в обмотке якоря **E**, напряжение на его зажимах **U**, ток в якоре **I**, ток возбуждения $\mathbf{I_в}$ и частота вращения якоря **n**.

Характеристики представляют собой зависимости между двумя из указанных основных величин при неизменных остальных. Эти зависимости имеют различный вид для генераторов разных типов.

Снятие всех характеристик машины производится при постоянной частоте вращения якоря, так как при изменении частоты значительно изменяются все характеристики генератора.

Характеристика холостого хода генератора представляет собой зависимость между ЭДС в якоре и током возбуждения, снятую при отсутствии нагрузки и постоянной частоте вращения.

Для генераторов независимого возбуждения при отсутствии нагрузки (холостой ход) ток в якоре равен нулю. ЭДС, индуктированная в обмотке якоря, равна

$$E = CnФ.$$

Поэтому при постоянной частоте вращения ЭДС окажется прямо пропорциональной магнитному потоку.

Можно сказать, что в измененном масштабе характеристика холостого хода представляет магнитную характеристику машины.

При $\mathbf{I_в = 0}$ магнитная цепь машины (главным образом ярмо) имеет некоторый остаточный магнитный поток $\mathbf{Ф_0}$, который индуктирует в обмотке якоря ЭДС **E** (**рис. 18.12, *а***). Эта ЭДС составляет несколько процентов (**2—5%**) номинального напряжения машины.

С увеличением тока в обмотке возбуждения возрастают как магнитный поток, так и ЭДС, индуктированная в обмотке якоря. Таким обра-

зом, при постоянном постепенном увеличении $I_в$ возрастает и ЭДС (кривая 1).

Если после снятия восходящей ветви от точки **А** начать постепенно понижать ток возбуждения $I_в$, то ЭДС также начнет уменьшаться, но за счет гистерезиса нисходящая ветвь (кривая 2) пойдет несколько выше восходящей ветви этой характеристики.

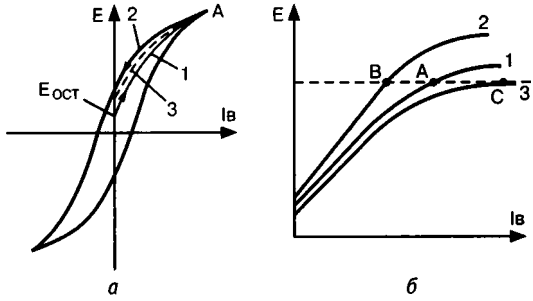


Рис. 18.12. Характеристика холостого хода генератора независимого возбуждения:
а – при перемагничивании стали;
б – при изменении частоты вращения якоря

Изменяя $I_в$ не только по величине, но и по направлению, можно снять весь цикл перемагничивания стали машины.

Практически восходящая и нисходящая ветви магнитной характеристики имеют крайне незначительное расхождение, и за основную характеристику принимается средняя зависимость (кривая 3).

На (**рис. 18.12, *б***) показаны характеристики холостого хода, снятые при различной частоте вращения якоря генератора.

Вращению якоря машины с номинальной частотой **nн**, указанной в паспорте генератора, соответствует кривая 1. Для всех машин нормального типа точка номинального напряжения (точка **А**) находится на перегибе магнитной характеристики.

Выбор точки номинального напряжения на линейном участке магнитной характеристики приводит к резким колебаниям напряжения на зажимах генератора при нагрузке, так как незначительные колебания магнитодвижущей силы вызывают резкое изменение ЭДС.

Выбор этой точки на пологом участке магнитной характеристики приводит к ограничению регулирования напряжения на зажимах генератора, так как для изменения ЭДС требуются очень большие изменения тока возбуждения.

При частоте вращения, отличной от номинальной частоты вращения якоря генератора, меняется характеристика холостого хода, так как ЭДС пропорциональна частоте. При **n' > nн** характеристика холостого хода расположится выше (кривая 2), а при **n' < nн** — ниже (кривая 3), чем при номинальной частоте вращения.

Следовательно, при изменении частоты вращения якоря точка номинального напряжения окажется либо на линейном (точка **В**), либо на пологом (точка **С**) участке магнитной характеристики. Это вызывает изменение всех характеристик генератора. Поэтому первичный двигатель для вращения якоря генератора надо выбирать так, чтобы его

ONLINE ВИДЕО

Исследование генератора постоянного тока параллельного возбуждения

частота вращения была близкой к номинальной частоте генератора.

Генераторы со встречным включением обмоток возбуждения не обеспечивают постоянства напряжения и поэтому **широкого применения не нашли**. Их используют лишь в тех случаях, когда необходимо ограничить токи коротких замыканий (например, при электросварке).

Регулировочная характеристика генератора представляет собой зависимость тока возбуждения от тока нагрузки, снимаемая при постоянном напряжении на зажимах генератора.

Регулировочная характеристика генератора показывает, в какой мере следует изменить ток в обмотке возбуждения для того, чтобы напряжение на зажимах генератора оставалось постоянным при изменении тока нагрузки.

В генераторах независимого и параллельного возбуждения с увеличением тока нагрузки необходимо увеличить ток возбуждения для того, чтобы скомпенсировать падение напряжения на внутреннем сопротивлении машины и размагничивающее действие потока реакции якоря.

В генераторах смешанного возбуждения (нормально возбужденных) напряжение при изменении нагрузки не претерпевает изменений, и, следовательно, необходимость регулирования тока возбуждения отпадает, т. е. регулировочная характеристика в таких генераторах не имеет смысла, так как ток возбуждения постоянен при изменениях тока нагрузки.

Работа машины постоянного тока в режиме двигателя

При включении двигателя постоянного тока в сеть под действием приложенного напряжения проходит ток как в обмотке якоря, так и в обмотке возбуждения. **Ток возбуждения** создает магнитный поток полюсов.

В результате взаимодействия тока в проводниках обмотки якоря с магнитным полем полюсов создается вращающий момент, и якорь машины приходит во вращение. Таким образом, электрическая энергия преобразуется в энергию механическую.

Положим, что генератор параллельного возбуждения включен в сеть большой мощности (**рис. 18.13**). Ток нагрузки генератора определяется следующим выражением:

$$I = (E - U)/R_я,$$

где I — ток в обмотке якоря; $R_я$ — сопротивление этой обмотки; E — ЭДС, индуктируемая в этой же обмотке; U — напряжение сети.

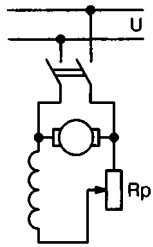


Рис. 18.13. Схема включения генератора параллельного возбуждения в сеть

Направление ЭДС и тока в активных проводах якоря показано на схеме (**рис. 18.14, *а***). Машина развивает электромагнитный момент $\mathbf{M}_э$, являющийся **тормозным**, т. е. потребляет механическую энергию и вырабатывает энергию электрическую.

Если понизить ток возбуждения, то уменьшится как магнитный поток, так и ЭДС, индуктируемая в обмотке якоря. Это вызовет уменьшение нагрузки генератора.

Изменяя сопротивление регулировочного реостата, можно довести ток возбуждения до такой величины, при которой ЭДС в обмотке якоря будет равна напряжению сети ($E = U$), а ток в якоре равен нулю. Т. е. генератор работает вхолостую.

При токе возбуждения меньшем тока, соответствующего холостой работе генератора, ЭДС обмотки якоря будет меньше напряжения сети, и ток в якоре изменит направление на обратное (**рис. 18.14, *б***).

При изменении направления тока в проводниках обмотки якоря также изменится направление электромагнитного момента $\mathbf{M}_э$, развиваемого машиной, т. е. момент станет вращающим.

Машина, потребляя электрическую энергию, вырабатывает энергию механическую, т. е. работает двигателем.

Если отключить первичный двигатель, то якорь машины будет продолжать вращаться под действием развиваемого электромагнитного момента $\mathbf{M}_э$.

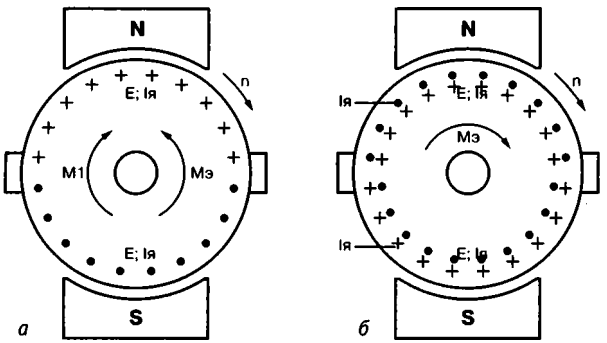


Рис. 18.14. Схема работы машины постоянного тока в режимах: генератора (а); двигателя (б)

ONLINE ВИДЕО

Электродвигатель постоянного тока. Принцип работы

ONLINE ВИДЕО

Пуск двигателей постоянного тока

ONLINE ВИДЕО

Электродвигатели постоянного тока

При вращении якоря в проводниках его обмотки индуктируется ЭДС, направление которой противоположно направлению тока. Поэтому ее называют противо-ЭДС или обратной ЭДС.

Противо-ЭДС играет роль регулятора потребляемой мощности, т. е. потребляемый ток изменяется вследствие изменения противо-ЭДС, равной $E = CnФ$.

Вращающий момент, развиваемый двигателем, $M_э = KIФ$.

Приложенное напряжение уравновешивается противо-ЭДС и падением напряжения в сопротивлении обмотки якоря и щеточных контактов. Следовательно, $U = E + IR_я$.

Ток в обмотке и частота вращения якоря определяются следующими выражениями:

$$I = (U - E)/R_я \text{ и } n = (U - IR_я)/CФ.$$

Направление вращения якоря двигателя зависит от полярности полюсов и от направления тока в проводниках обмотки якоря. Таким образом, для реверсирования двигателя, т. е. для изменения направления вращения якоря, нужно либо изменить полярность полюсов, переключив обмотку возбуждения, либо изменить направление тока в обмотке якоря.

Обмотка возбуждения обладает значительной индуктивностью, и переключение ее нежелательно. Поэтому реверсирование двигателей постоянного тока обычно заключается в переключении обмотки якоря.

Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока

Двигатели постоянного тока получили широкое распространение и часто являются незаменимыми благодаря ценному свойству — возможности плавно и экономично регулировать частоту вращения в широких пределах.

Частота вращения якоря двигателя при любой схеме возбуждения определяется следующим выражением:

$$n = (U - I\,(R_я - Rc))/СФ,$$

где $R_с$ — сопротивление последовательной обмотки возбуждения (для двигателя параллельного возбуждения $R_с = 0$).

ONLINE ВИДЕО

Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока	*Асинхронные и синхронные двигатели и генераторы*	*Асинхронный трехфазный двигатель, принцип работы и строение*
Однофазные электрические машины. Вращающееся магнитное поле и синхронная скорость	*Подбор электродвигателей*	*Принцип работы асинхронного электродвигателя*
Принцип работы однофазного асинхронного электродвигателя	*Принцип работы синхронного электродвигателя*	*Электропривод. Принцип работы асинхронного электродвигателя*

ГЛАВА 19

ВКЛЮЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В СЕТЬ

Подключение электродвигателя по схеме ЗВЕЗДА

Название схемы подключения ЗВЕЗДА обусловлено тем, что при соединении обмоток по данной схеме (**рис. 19.1**), визуально получается трехлучевая звезда.

Все три обмотки своим одним концом соединены вместе. При таком подключении (сеть 220/380 В) к каждой обмотке отдельно подходит напряжение 220 В, а к двум обмоткам, соединённым последовательно, — напряжение 380 В.

Основным **преимуществом** подключения электродвигателя по схеме ЗВЕЗДА являются небольшие пусковые токи. Ведь напряжение питания 380 В (межфазное) потребляют сразу две обмотки, в отличие от схемы «треугольник».

Недостаток. При таком подключении мощность питаемого электродвигателя ограничена (главным образом из экономических соображений): обычно по ЗВЕЗДЕ включают относительно слабые электродвигатели.

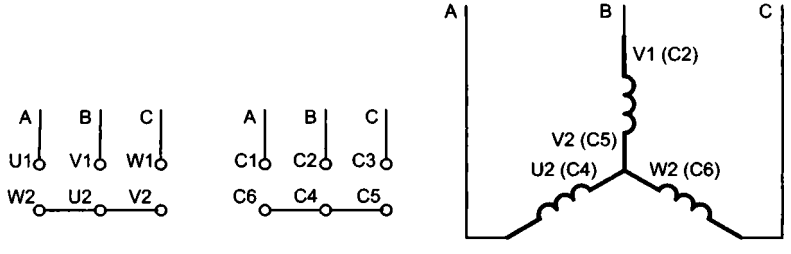


Рис. 19.1. Схема подключения электродвигателя по схеме ЗВЕЗДА

Подключение электродвигателя по схеме ТРЕУГОЛЬНИК

Название этой схемы также идет от графического изображения (**рис. 19.2**). Как видно из схемы подключения электродвигателя — ТРЕУГОЛЬНИК, обмотки подключаются последовательно друг к другу: конец первой обмотки соединяется с началом второй и так далее. То есть к каждой обмотке будет приложено напряжение 380 В (при использовании сети 220/380 В). В этом случае по обмоткам течет больший ток, по треугольнику обычно включают двигатели большей мощности, чем при соединении по звезде (от 7,5 кВт и выше).

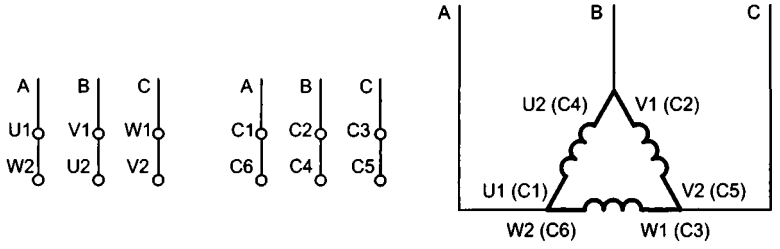


Рис. 19.2. *Схема подключения электродвигателя по схеме ТРЕУГОЛЬНИК*

ONLINE ВИДЕО

3-х фазный электродвигатель, схема подключения и реверса	*Как подключить трехфазный двигатель в однофазную сеть*	*Как подключить двигатель 380 на 220 легко быстро просто*
Как быстро и просто подключить трехфазный двигатель в однофазную сеть	*Подключение асинхронного двигателя. Определение типа двигателя*	*Подключение асинхронного однофазного электродвигателя 220 вольт*

ONLINE ВИДЕО

Подключение электродвигателя 380 на 220 В	*Подключение трехфазного двигателя к однофазной сети*	*Подключение электродвигателя 380 на 220 В*
Этому не учат, а стоило бы. Чем отличается звезда от треугольника?	*Подключение электромотора 380/220V звездой и треугольником*	*Подключить трехфазный двигатель в однофазную сеть. Пусковой и рабочий конденсаторы*

ГЛАВА 20

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Эксплуатационные документы

Эксплуатация электрических машин включает содержание их в исправном состоянии, устранение мелких неисправностей и ремонт. Основой правильной эксплуатации электрических машин являются **эксплуатационные документы**.

Они поставляются заводом-изготовителем вместе с машиной.

В число **эксплуатационных документов** входят:

- техническое описание;
- инструкция по эксплуатации;
- инструкция по техническому обслуживанию;
- инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке машин;
- формуляр для машины, технические данные которой гарантируются заводом;
- ведомость запасных частей, инструментов и устройств;
- ведомость эксплуатационных документов.

В результате практики эксплуатации оборудования на предприятиях разных отраслей промышленности сложилась так называемая **система планово-предупредительного ремонта**.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Система планово-предупредительного ремонта *– это плановый комплекс работ по поддержанию электрических машин и другого электрооборудования в рабочем состоянии.*

Виды ремонта электродвигателей

В зависимости от особенностей, степени повреждений и износа электрических машин, а также трудоемкости ремонтных работ различают следующие **виды ремонта**:

- текущий;
- средний;
- капитальный.

Текущий ремонт является минимальным по объему видом ремонта, при котором обеспечивается нормальная эксплуатация машины до следующего планового ремонта. Этот ремонт производится эксплуатационным персоналом или ремонтными службами на месте установки машин.

ONLINE ВИДЕО

Ремонт, обслуживание электродвигателя

Во время текущего ремонта:

- устраняются неисправности путем замены или обновления отдельных быстроизнашивающихся деталей;
- выполняются регулировочные работы

Средний ремонт заключается в восстановлении эксплуатационных характеристик электрической машины путем ремонта или замены только изношенных или поврежденных деталей. Кроме того, обязательно проверяют техническое состояние остальных частей и ликвидируют обнаруженные неисправности. Может проводиться капитальный ремонт отдельных основных узлов. Средний ремонт выполняется подвижными или стационарными ремонтными службами.

Капитальный ремонт включает полную разборку и дефектацию электрической машины, замену или ремонт всех составных частей, проверку их состояния, сборку машины, регулировку и испытание. Выполняется стационарными ремонтными предприятиями.

Формы организации ремонта электродвигателей

Существуют три **формы организации ремонта**: централизованная; децентрализованная; смешанная.

При **централизованной форме** ремонт, испытание и наладка электрических машин выполняются специализированными ремонтно-наладочными организациями. Эта форма является наиболее прогрес-

сивной, а также обеспечивает минимальную стоимость ремонта при более высоком качестве.

При **децентрализованной форме** ремонт, испытание и наладка осуществляются ремонтными службами производственных подразделений предприятий.

При **смешанной форме** часть работ выполняется централизованно, часть — децентрализовано, причем степень децентрализации зависит от вида предприятия, типа и мощности электрооборудования.

ONLINE ВИДЕО

Процесс сборки и ремонта электродвигателя

Усовершенствование централизованного ремонта предусматривает:

- создание централизованного обменного фонда электрических машин и расширение их номенклатуры;
- распространение сферы услуг ремонтных предприятий на производство текущих ремонтов и профилактического обслуживания.

Продолжительность ремонтного цикла (время между двумя капитальными ремонтами) определяется:

- условиями эксплуатации;
- требованиями к показателям надежности, ремонтопригодности;
- правилами технической эксплуатации;
- инструкциями завода-поставщика электрической машины.

Ремонтный цикл электродвигателей

ПРИМЕЧАНИЕ

Обычно ремонтный цикл исчисляется в календарном времени исходя из 8-часового рабочего дня.

Реальная сменность оборудования и сезонность его работы учитываются с помощью соответствующих коэффициентов. При определении продолжительности ремонтного цикла исходят из графика распределения повреждений электрических машин в функции времени эксплуатации.

Обычно этот **график имеет три области**:

- **первая** — предремонтная приработка, когда вероятность повреждений повышается за счет возможного применения при ремонте некачественных узлов, деталей и материалов, невыполнения технологии ремонта и т. д.;

- **вторая** — нормальный этап работы электрической машины с практически неизменным числом повреждений;
- **третья** — старение отдельных узлов электрической машины (она характеризуется ростом числа повреждений).

ПРИМЕЧАНИЕ

Продолжительность ремонтного цикла не должна превышать продолжительность нормального этапа работы второй области.

При планировании структуры ремонтного цикла (виды и последовательность чередования плановых ремонтов) исходят из ряда обстоятельств:

- в электрической машине присутствуют быстроизнашиваемые детали (щетки, подшипники качения, контактные кольца);
- обновление этих деталей производится при незначительном ремонте или путем замены новыми;
- в электрической машине имеются узлы с большим сроком наработки (обмотки, механические детали, коллекторы), ремонт которых довольно трудоемкий и занимает много времени.

ПРИМЕЧАНИЕ

Поэтому между капитальными ремонтами электрические машины должны пройти несколько текущих ремонтов.

Они, как правило, не нарушают ритма производства, в то время как капитальный ремонт при отсутствии резерва связан с приостановкой производства (технологического процесса).

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Ремонтный цикл, межремонтный период электродвигателей

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Ремонтный цикл электрических машин

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

Структура ремонтного цикла и составление графика работ

ГЛАВА 21

ВИДЫ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Наиболее распространенные неисправности

При эксплуатации электродвигателей в них по разным причинам возникают **неисправности**, которые могут привести к перерывам в работе станков и других производственных механизмов. Для того чтобы такие перерывы возможно меньше сказывались на выполнении предприятием производственных планов, необходимо уметь быстро найти причину неисправности и устранить ее.

ПРИМЕЧАНИЕ

Необходимость в быстрейшем устранении повреждений обусловливается также и тем, что работа электродвигателя, имеющего небольшое повреждение, может привести к развитию повреждения и необходимости более сложного ремонта.

Наиболее **распространенными неисправностями электрической части** являются:

- короткие замыкания внутри обмоток электродвигателя и между ними;
- замыкания обмоток на корпус;
- обрывы в обмотках или во внешней цепи (питающие провода и пусковая аппаратура).

В **результате указанных неисправностей** может иметь место:

- отсутствие возможности запускать электродвигатель;
- опасный нагрев его обмоток;
- ненормальная скорость вращения электродвигателя;
- ненормальный шум (гудение и стук);
- неравенство токов в отдельных фазах.

Из причин **механического характера**, вызывающих нарушение нормальной работы электродвигателей, чаще всего наблюдаются неисправности в работе **подшипников**. Проявляется это в перегреве подшипников, вытекании из них масла, а также в появлении ненормального шума.

Устранение типовых неисправностей электродвигателей

Рассмотрим некоторые неисправности в электродвигателях, возможные причины их возникновения.

Неисправность №1. *Асинхронный электродвигатель включить не удается (перегорают предохранители или срабатывает защита).*

Причиной этого в электродвигателях с контактными кольцами может быть:

- закороченное положение пускового реостата;
- закороченное положение контактных колец.

В **первом случае** необходимо пусковой реостат привести в нормальное (пусковое) положение, а во **втором** — поднять приспособление, закорачивающее контактные кольца.

Неисправность №2. *Включить электродвигатель не удается из-за короткого замыкания в цепи статора.*

ВНИМАНИЕ

Тестирование при поиске КЗ следует производить, отключив предварительно электродвигатель от сети.

Обнаружить короткозамкнутую фазу можно несколькими способами:

- на ощупь по повышенному нагреву обмотки;
- по внешнему виду обуглившейся изоляции;
- измерением.

Если фазы статора соединены в звезду, то измеряют величины токов, потребляемых из сети отдельными фазами. Фаза, имеющая короткозамкнутые витки, будет потреблять ток больший, чем неповрежденные фазы!

При **соединении отдельных фаз в треугольник** токи в двух проводах, подключенных к дефектной фазе, будут иметь большие значе-

ния, чем в третьем, который соединяется только с неповрежденными фазами. При измерениях пользуются пониженным напряжением.

Неисправность №3. *Асинхронный электродвигатель при включении не трогается с места.*

Причиной этого может быть обрыв в одной или двух фазах цепи питания. Для определения места обрыва сначала производят внешний осмотр всех элементов цепи, питающей электродвигатель. При осмотре проверяют целость предохранителей. Если при внешнем осмотре обнаружить обрыв фазы не удается, то выполняют необходимые измерения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Фазу, в которой имеется обрыв, определяют с помощью мегомметра, для чего статор предварительно отключают от питающей сети.

Если **обмотки статора соединены в звезду**, то один конец мегомметра соединяют с нулевой точкой звезды, после чего вторым концом мегомметра касаются поочередно других концов обмотки. Присоединение мегомметра к концу исправной фазы даст нулевое показание. Наоборот, присоединение мегомметра к фазе, имеющей обрыв, покажет большое сопротивление цепи, т. е. наличие в ней обрыва.

Если **нулевая точка звезды недоступна**, то двумя концами мегомметра касаются попарно всех выводов статора. Прикосновение мегомметра к концам здоровых фаз покажет нулевое значение. При прикосновении концов мегомметра к двум фазам, из которых одна является дефектной, мегомметр покажет большое сопротивление, т. е. обрыв в одной из этих фаз.

В **случае соединения обмоток статора в треугольник** необходимо обмотку разъединить в одной точке, после чего проверить целость каждой фазы в отдельности.

СОВЕТ

Фаза, имеющая обрыв, может быть иногда обнаружена на ощупь, поскольку она остается холодной.

Если **обрыв** произойдет в одной из фаз статора **во время работы** электродвигателя, он будет продолжать работать, но начнет гудеть сильнее, чем в обычных условиях. Отыскание поврежденной фазы производится так, как это указано выше.

Обнаружив фазу, имеющую обрыв, вольтметром со щупами определяют в ней место обрыва.

Присоединив поврежденную обмотку к источнику напряжения, производят последовательную проверку целости катушечных групп. Для этого щупами прокалывают изоляцию на обоих концах каждой группы и проверяют показания вольтметра.

При проверке здоровой группы вольтметр покажет напряжение, равное нулю, а при проверке поврежденной — полное напряжение источника тока. После того как катушечная группа, имеющая обрыв, будет найдена, изоляция в местах прокола должна быть восстановлена.

Неисправность №4. *При работе асинхронного двигателя происходит сильный нагрев обмоток статора.*

Такое явление, сопровождаемое сильным гудением электродвигателя, наблюдается при коротком замыкании в какой-либо обмотке статора, а также при двойном замыкании обмотки статора на корпус.

Неисправность №5. *Работающий асинхронный электродвигатель начал гудеть. При этом его скорость и мощность снижаются.*

Причиной нарушения режима работы электродвигателя является обрыв одной фазы.

Неисправность №6. *При включении двигателя постоянного тока он не трогается с места.*

Причинами этого могут быть:

- перегорание предохранителей или обрыв в цепях питания;
- обрыв сопротивлений в пусковом реостате.

Проверку следует начинать с внимательного **осмотра** и **проверки целости** указанных элементов. Производится эта проверка с помощью мегомметра или контрольной лампы напряжением не выше 36 В.

Если указанным путем не удается определить место обрыва, переходят к проверке **целости обмотки якоря**.

ПРИМЕЧАНИЕ

Обрыв в обмотке якоря чаще всего наблюдается в местах соединений коллектора с секциями обмотки.

Место повреждения находят, пользуясь методом измерения падения напряжения между коллекторными пластинами. Двумя щупами подводят напряжение к соседней паре пластин, а двумя другими с милливольтметром измеряют падение напряжения между этими пластинами.

Если измерение производят на секции, имеющей обрыв, вольтметр покажет полную величину подведенного напряжения.

Другой причиной указанного явления может быть перегрузка электродвигателя. Проверить это можно с помощью пуска электродвигателя вхолостую, для чего он предварительно разобщается с приводным механизмом.

Неисправность №7. *При включении электродвигателя постоянного тока перегорают предохранители или срабатывает максимальная защита.*

Закороченное положение пускового реостата может быть одной из **причин** указанного явления. В этом случае реостат переводят в нормальное пусковое положение. Это явление может наблюдаться также при слишком быстром выводе рукоятки реостата, поэтому при повторном включении электродвигателя реостат выводят более медленно.

Неисправность №8. *При работе электродвигателя наблюдается повышенный нагрев подшипников.*

Причины:

- недостаточная величина зазора между шейкой вала и вкладышем подшипника;
- недостаточное или лишнее количество масла в подшипнике, что определяется проверкой уровня масла;
- загрязнение масла;
- применение масла несоответствующих марок.

СОВЕТ

Желательно масло заменить, промыв предварительно подшипник бензином.

Неисправность №9. *При пуске или во время работы электродвигателя из зазора между ротором и статором появляются искры и дым.*

Возможной **причиной** этого явления может быть задевание ротора за статор. Такое явление наблюдается при значительном срабатывании подшипников.

Неисправность №10. *При работе электродвигателя постоянного тока наблюдается искрение под щетками.*

Причины:

- неправильный подбор щеток;
- слабое нажатие их на коллектор;

- недостаточно гладкая поверхность коллектора;
- неправильное расположение щеток.

В последнем случае необходимо передвинуть щетки, расположив их на нейтральной линии.

Неисправность №11. *При работе электродвигателя наблюдается усиленная вибрация.*

Усиленная вибрация может обусловливаться рядом причин. Может сказываться, например, недостаточная прочность закрепления электродвигателя на фундаментной плите. Если вибрация сопровождается перегревом подшипника, это указывает на наличие осевого давления на подшипник.

ПРИМЕЧАНИЕ

Заводы-изготовители электродвигателей в своих инструкциях по эксплуатации обычно приводят перечень основных неисправностей, которые могут иметь место при работе электродвигателя, и дают рекомендации по их устранению.

Неисправность № 12: *асинхронный двигатель при пуске не разворачивается или скорость его вращения ненормальная.*

Причинами указанной неисправности могут быть механические и электрические неполадки.

К **электрическим неисправностям** относятся:

- внутренние обрывы в обмотке статора или ротора;
- обрыв в питающей сети;
- нарушения нормальных соединений в пусковой аппаратуре.

При обрыве обмотки статора в нем не будет создаваться вращающееся магнитное поле, а при обрыве в двух фазах ротора в обмотке последнего не будет тока, взаимодействующего с вращающимся полем статора, и двигатель не сможет работать.

Если **обрыв обмотки произошел во время работы двигателя**, он может продолжать работать с номинальным вращающим моментом, но скорость вращения сильно понизится, а сила тока настолько увеличится, что при отсутствии максимальной защиты может перегореть обмотка статора или ротора.

В случае соединения обмоток двигателя в треугольник и обрыва одной из его фаз двигатель начнет разворачиваться, так как его обмотки окажутся соединенными в открытый треугольник, при котором образуется вращающееся магнитное поле, сила тока в фазах будет неравномерной, а скорость вращения — ниже номинальной. При этой неис-

правности ток в одной из фаз в случае номинальной нагрузки двигателя будет в 1,73 раза больше, чем в двух других. Когда у двигателя выведены все шесть концов его обмоток, обрыв в фазах определяют мегаомметром. Обмотку разъединяют и измеряют сопротивление каждой фазы.

Неисправность № 13: *скорость вращения асинхронного двигателя при полной нагрузке ниже номинальной.*

Причины неисправности:

- пониженное напряжение сети;
- плохие контакты в обмотке ротора;
- большое сопротивление в цепи ротора у двигателя с фазным ротором.

При большом сопротивлении в цепи ротора возрастает скольжение двигателя и уменьшается скорость его вращения.

Сопротивление в цепи ротора увеличивают **плохие контакты в щеточном устройстве ротора, пусковом реостате**, соединениях обмотки с контактными кольцами, пайках лобовых частей обмотки, а также недостаточное сечение кабелей и проводов между контактными кольцами и пусковым реостатом.

Плохие контакты в обмотке ротора можно выявить, если в статор двигателя подать напряжение, равное 20–25% номинального. Заторможенный ротор медленно поворачивают вручную и проверяют силу тока во всех трех фазах статора. Если ротор исправен, то при всех его положениях сила тока в статоре одинакова, а при обрыве или плохом контакте будет изменяться в зависимости от положения ротора.

Плохие контакты в пайках лобовых частей обмотки фазного ротора определяют методом падения напряжения. Метод основан на увеличении падения напряжения в местах недоброкачественной пайки. При этом замеряют величины падения напряжения во всех местах соединений, после чего результаты измерений сравнивают. Пайки считаются удовлетворительными, если падение напряжения в них превышает падение напряжения в пайках с минимальными показателями не более чем на 10%.

У роторов с глубокими пазами может также происходить **разрыв стержней из-за механических перенапряжений материала**. Разрыв стержней в пазовой части короткозамкнутого ротора определяют следующим образом. Ротор выдвигают из статора и в зазор между ними забивают несколько деревянных клиньев, чтобы ротор не мог повернуться. К статору подводят пониженное напряжение не более $0{,}25U_{ном}$.

На каждый паз выступающей части ротора поочередно накладывают стальную пластину, которая должна перекрывать два зубца ротора. Если стержни целые, пластина будет притягиваться к ротору и дребезжать. При наличии разрыва притяжение и дребезжание пластины исчезают.

Неисправность № 14: *асинхронный двигатель разворачивается при разомкнутой цепи фазного ротора.*

Причина неисправности — короткое замыкание в обмотке ротора.

При включении двигатель медленно разворачивается, а его обмотки сильно нагреваются, так как в замкнутых накоротко витках вращающимся полем статора наводится ток большой величины. Короткие замыкания возникают между хомутиками лобовых частей, а также между стержнями при пробое или ослаблении изоляции в обмотке ротора.

Это повреждение определяют тщательным внешним осмотром и измерением сопротивления изоляции обмотки ротора. Если при осмотре не удается обнаружить повреждение, то его определяют по неравномерному нагреву обмотки ротора на ощупь, для чего ротор затормаживают, а к статору подводят пониженное напряжение.

Неисправность № 15: *равномерный нагрев всего асинхронного двигателя выше допустимой нормы* может получиться в результате длительной перегрузки и ухудшения условий охлаждения. Повышенный нагрев вызывает преждевременный износ изоляции обмоток.

Неисправность № 16: *местный нагрев обмотки статора, который обычно сопровождается сильным гудением, уменьшением скорости вращения двигателя и неравномерными токами в его фазах, а также запахом перегретой изоляции.*

Эта неисправность может возникнуть в результате неправильного соединения между собой катушек в одной из фаз, замыкания обмотки на корпус в двух местах, замыкания между двумя фазами, короткого замыкания между витками в одной из фаз обмотки статора.

При замыканиях в обмотках двигателя вращающимся магнитным полем в короткозамкнутом контуре будет наводиться ЭДС, которая создаст ток большой величины, зависящий от сопротивления замкнутого контура. Поврежденная обмотка может быть найдена по величине измеренного сопротивления. При этом поврежденная фаза будет иметь меньшее сопротивление, чем исправные. Сопротивление измеряют мостом или методом амперметра — вольтметра. Поврежденную фазу можно также определить методом измерения тока в фазах, если к двигателю подвести пониженное напряжение.

При соединении обмоток в звезду ток в поврежденной фазе будет больше, чем в других. Если обмотки соединены в треугольник, линейный ток в двух проводах, к которым присоединена поврежденная фаза, будет больше, чем в третьем проводе.

При определении указанного повреждения у двигателя с короткозамкнутым ротором последний может быть заторможенным или вра-

щаться, а у двигателей с фазным ротором обмотка ротора может быть разомкнута. Поврежденные катушки определяют по падению напряжения на их концах: на поврежденных катушках падение напряжения будет меньше, чем на исправных.

Неисправность № 17: *местный нагрев активной стали статора.*

Причины:

- выгорание и оплавление стали при коротких замыканиях в обмотке статора;
- замыкание листов стали вследствие задевания ротора о статор во время работы двигателя;
- разрушение изоляции между отдельными листами стали.

Признаками задевания ротора о статор являются:

- дым, искры и запах гари;
- активная сталь в местах задевания приобретает вид полированной поверхности;
- появляется гудение, сопровождающееся вибрацией двигателя.

Причиной задевания служит нарушение нормального зазора между ротором и статором в результате износа подшипников, неправильной их установки, большого изгиб вала, деформации стали статора или ротора, одностороннего притяжения ротора к статору из-за витковых замыканий в обмотке статора, сильной вибрации ротора, который определяют щупом.

Неисправность № 18: *ненормальный шум в асинхронном двигателе.*

Нормально работающий двигатель издает равномерное гудение, которое характерно для всех машин переменного тока.

Причина. Возрастание гудения и появление в двигателе ненормальных шумов могут явиться следствием ослабления запрессовки активной стали, пакеты которой будут периодически сжиматься и ослабляться под воздействием магнитного потока.

Для устранения дефекта необходимо перепрессовать пакеты стали. Сильное гудение и шумы в машине могут быть также результатом неравномерности зазора между ротором и статором.

Неисправность № 19: *повреждение изоляции обмоток.*

Причины:

- длительный перегрев двигателя;
- увлажнение и загрязнение обмоток;
- попадание на обмотки металлической пыли, стружек;
- естественное старение изоляции.

Повреждения изоляции могут вызвать замыкания между фазами и витками отдельных катушек обмоток, а также замыкание обмоток на корпус двигателя.

Увлажнение обмоток происходит в случае длительных перерывов в работе двигателя, при непосредственном попадании в него воды или пара в результате хранения двигателя в сыром неотапливаемом помещении и т. д.

Металлическая пыль, попавшая внутрь машины, создает токопроводящие мостики, которые постепенно могут вызвать замыкания между фазами обмоток и на корпус. Необходимо строго соблюдать сроки осмотров и планово-предупредительных ремонтов двигателей.

Сопротивление изоляции обмоток двигателя напряжением до 1000 В не нормируется, изоляция считается удовлетворительной при сопротивлении 1000 Ом на 1 В номинального напряжения, но не менее 0,5 МОм при рабочей температуре обмоток.

Замыкание обмотки на корпус двигателя обнаруживают мегаомметром, а место замыкания — способом «прожигания» обмотки или методом питания ее постоянным током.

Способ «прожигания» заключается в том, что один конец поврежденной фазы обмотки присоединяют к сети, а другой — к корпусу. При прохождении тока в месте замыкания обмотки на корпус образуется «прожог», появляются дым и запах горелой изоляции.

Неисправность № 20: *двигатель не идет в ход в результате перегорания предохранителей в обмотке якоря, обрыва обмотки сопротивления в пусковом реостате или нарушения контакта в подводящих проводах.*

Причина — обрыв обмотки сопротивления в пусковом реостате обнаруживают контрольной лампой или мегаомметром.

Сводная таблица неисправностей электродвигателей

В **табл. 21.1** дана сводная таблица неисправностей электродвигателей.

Характеристика неисправностей электродвигателей *Таблица 21.1*

Характеристика неисправностей	Возможные причины
Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором	
Двигатель не разворачивается	Отсутствует ток в статоре из-за перегорания предохранителя или выключения неисправного автоматического выключателя

Таблица 21.1 (продолжение)

Характеристика неисправностей	Возможные причины
Двигатель не разворачивается сам, но при разворачивании от руки работает толчками и сильно гудит	Обрыв в одной фазе сети или внутренний обрыв в обмотке статора при соединении фаз «звездой»
Двигатель вращается вхолостую, но при нагрузке останавливается	Пониженное напряжение в сети, неправильное соединение фаз обмотки статора «звездой». Если обмотка соединена «треугольником», то, вероятно, имеется обрыв в цепи одной из фаз обмотки статора
Двигатель гудит, ротор вращается медленно, ток во всех трех фазах разный и даже на холостом ходу превышает номинальный	1. обрыв одного или нескольких стержней обмотки ротора; 2. неправильное соединение начала и конца обмотки статора (фаза «перевернута»)
Двигатель нагревается при номинальной нагрузке	1. витковое замыкание в обмотке статора; 2. ухудшение условий вентиляции в результате загрязнения вентиляционных каналов
Недопустимо низкое сопротивление изоляции обмотки статора	1. увлажнение или сильное загрязнение изоляции обмотки статора; 2. старение или повреждение изоляции
Двигатель вибрирует во время работы и после отключения при частоте вращения ротора, близкой к номинальной	1. нарушение соосности валов; 2. неуравновешенность ротора (дисбаланс)
Двигатель сильно вибрирует, но вибрация прекращается после отключения его от сети. Двигатель сильно гудит, ток в фазах разный, один из участков статора быстро нагревается	Короткое замыкание обмотки статора
Асинхронные двигатели с фазным ротором	
Двигатель не развивает номинальную частоту вращения	1. нарушение контакта в двух или трех фазах пускового реостата; 2. нарушение электрической цепи между пусковым реостатом и обмоткой ротора
Двигатель медленно увеличивает скорость, ротор сильно нагревается даже при небольшой нагрузке	1. замыкание части обмотки ротора на заземленный корпус двигателя; 2. нарушение изоляции между контактными кольцами и валом ротора
Двигатель не развивает скорость ротора под нагрузкой, гудит, ток статора пульсирует	Нарушение контакта в месте пайки обмотки ротора, соединениях ее с контактными кольцами или в соединительных проводах
Повышенное искрение между щетками и контактными кольцами	1. плохая притертость или повышенная загрязненность щеток; 2. заедание щеток в обоймах щеткодержателей; недостаточное нажатие щеток на контактные кольца; 3. нарушение контакта в цепи щеток
Двигатель начинает вращаться при разомкнутой цепи ротора без нагрузки. При пуске под нагрузкой медленно разворачивается и сильно нагревается	1. межвитковые замыкания в обмотке ротора; 2. заземление обмотки ротора в двух местах; замыкание между контактными кольцами в результате их загрязнения пылью от щеток
Синхронные машины	
Генератор дает низкое напряжение на холостом ходу	1. скорость генератора ниже синхронной; 2. неисправность возбудителя; 3. неправильное соединение обмотки статора
Генератор дает низкое напряжение при нагрузке	1. большая индуктивность нагрузки; 2. снижение скорости генератора
Неодинаковое напряжение в фазах генератора при нагрузке	1. несимметричная нагрузка фаз; 2. распайка соединений фаз обмотки статора

Таблица 21.1 (продолжение)

Характеристика неисправностей	Возможные причины
Двигатель медленно разворачивается	1. низкое напряжение питающей сети; 2. обрыв стержней в пусковой обмотке
Двигатель не достигает синхронной скорости	1. слишком большая механическая нагрузка на валу двигателя; 2. неисправность пусковой обмотки
Двигатель при нагрузке снижает скорость	1. чрезмерная нагрузка, превышающая максимальный вращающий момент двигателя; 2. снижение напряжения сети; 3. неисправность обмотки ротора
Машина сильно вибрирует	1. нарушение балансировки ротора; 2. замыкание витков в одной из катушек ротора; 3. «блуждающие» замыкания витков в обмотке ротора
Пусковая обмотка двигателя или успокоительная обмотка генератора сильно нагревается	1. частые выпадения машины из синхронизма (снижение частоты вращения); 2. распайка соединений стержней обмотки с замыкающими кольцами
Машины постоянного тока	
Искрение под всеми щетками на холостом ходу	1. щетки установлены не на магнитной нейтрали или расстояния между отдельными бракетами неодинаковые; 2. щетки неправильно установлены в щеткодержателях; 3. сильно загрязнен коллектор
Искрение под частью щеток на холостом ходу	1. неодинаковые расстояния между бракетами по окружности коллектора; 2. отдельные бракеты слабо закреплены и вибрируют; 3. отдельные щетки неплотно прилегают к коллектору или очень прижаты к нему; 4. загрязнены или окислены контакты в токособирающих кольцах, между щеткодержателями и бракетами, щеткодержателями и щетками
Машина начинает искрить при частичной нагрузке, а на холостом ходу не искрит	1. щетки находятся не на нейтрали; 2. неправильно включена обмотка добавочных полюсов, что дает неправильное чередование главных и добавочных полюсов
Щетки равномерно искрят при нагрузке, а на холостом ходу машина не искрит	1. большой или малый зазор между якорем и добавочными полюсами; 2. отдельные добавочные полюсы слабо прижаты; 3. не поставлены прокладки между станиной и полюсами
Щетки искрят, генератор плохо возбуждается, а двигатель плохо разворачивается или работает с ненормальной скоростью, обмотка якоря местами сильно нагревается	1. витковое замыкание в обмотке якоря; 2. некоторые соседние пластины имеют задиры, между которыми происходит замыкание; 3. замыкание витков в катушке от оставшегося при пайке олова
Щетки искрят, наблюдается почернение коллекторных пластин. После чистки чернеют одни и те же коллекторные пластины. Изоляция между коллекторными пластинами выгорела	1. нарушение соединений между обмоткой якоря и коллектором; 2. отпаялись уравнительные соединения
Якорь сильно нагревается даже в ненагруженной машине, а щетки одного полюса искрят сильнее щеток других полюсов	1. неравномерный зазор в машине; 2. плохая центровка при монтаже машины; износ подшипников

Таблица 21.1 (продолжение)

Характеристика неисправностей	Возможные причины
При работе машины наблюдается легкое круговое искрение, по поверхности коллектора со щеток одного полюса на щетки другого полюса перескакивают отдельные искры	1. коллектор сильно загрязнен в результате сильного износа щеток; 2. неровная поверхность коллектора; 3. несоответствующий тип щеток; 4. плохой уход за машиной
Щетки дрожат; искрят, очень шумят; коллектор и щетки сильно нагреваются	1. биение коллектора, вызванное его неровной поверхностью; 2. между пластинами выступает изоляция; неправильная установка щеток
Круговой огонь по коллектору	1. щетки установлены не на нейтрали; 2. обмотка добавочных полюсов включена неправильно, поэтому главные и добавочные полюсы неправильно чередуются
Вся машина равномерно перегрета	1. перегрузка машины; 2. вентиляционные пути и каналы забиты; не работает вентилятор
Генератор плохо возбуждается, а двигатель плохо разворачивается или разворачивается толчками	1. витковое замыкание в обмотке якоря; 2. замыкание отдельных коллекторных пластин
Перегрев обмотки возбуждения	1. большой ток возбуждения; 2. витковое замыкание в обмотке возбуждения; 3. неправильно соединены катушки возбуждения
Генератор не возбуждается	1. генератор утратил остаточный магнетизм; 2. неправильное направление вращения; 3. оборвана цепь параллельной обмотки возбуждения или сопротивление цепи превышает критическое; 4. короткое замыкание в обмотке якоря между пластинами коллектора; обрыв обмотки якоря; неправильное положение щеток
Генератор возбуждается, но дает пониженное напряжение на холостом ходу	1. недостаточная частота вращения; 2. щетки находятся не на нейтрали; 3. неправильное соединение катушек обмотки возбуждения
Генератор на холостом ходу дает номинальное напряжение, но при нагрузке оно резко снижается	1. в генераторе смешанного возбуждения последовательная обмотка включена встречно и размагничивает поток полюсов; 2. обмотки добавочных полюсов включены неправильно
Двигатель при включении не вращается	Разрыв цепи тока якоря в результате перегорания предохранителей, обрыва цепи в реостате или в двигателе
Двигатель под нагрузкой не запускается, хотя в якоре есть ток	Неправильное включение обмотки возбуждения, которое приводит к резкому ослаблению магнитного потока, витковое замыкание в обмотке возбуждения
Скорость двигателя при номинальном напряжении выше или ниже номинальной	При скорости выше номинальной магнитный поток ослаблен за счет включенных в цепь возбуждения сопротивлений или щетки смещены с нейтрали против направления вращения

Температурный режим трехфазных асинхронных двигателей

Относительные значения тока холостого хода для трехфазных асинхронных двигателей представлены в **табл. 21.2.**

Относительные значения тока холостого хода для трехфазных асинхронных двигателей *Таблица 21.2*

Мощность двигателя, кВт	Ток холостого хода % к $I_{ст}$ при частоте вращения, об/мин					
	3000	1500	1000	750	600	500
0,1–0,5	60	75	85	90	95	–
0,6–1,0	50	70	75	80	85	90
1,1–5,0	45	65	70	75	80	85
5,1–10,0	40	60	65	70	75	80
10,1–25,0	30	55	60	65	70	75
25,1–50,0	20	50	55	60	65	70
50,1–100	–	40	45	50	55	60

Температура не должна превышать:

- подшипников качения — 100 °С;
- подшипников скольжения — 80 °С;
- масла в подшипниках скольжения — 65 °С.

ПРИМЕЧАНИЕ

Воздушный зазор между статором и ротором, а также между полюсами и якорем (ротором) машин постоянного тока и синхронных оказывает существенное влияние на их эксплуатационные параметры (особенно асинхронных двигателей). Увеличение воздушного зазора на 1 % вызывает возрастание тока холостого хода на 0,6 % и снижение коэффициента мощности на 0,3 %.

Увеличение воздушного зазора в асинхронных двигателях приводит:

- к увеличению тока холостого хода;
- к уменьшению коэффициента мощности и КПД.

Поэтому, если воздушный зазор ремонтируемого электродвигателя больше заводского, то перед ремонтом двигателя его обмоточные данные пересчитывают. Мощность такого электродвигателя после пересчета практически невозможно довести до паспортной, но она все же будет больше, чем при перемотке по старым обмоточным данным.

Допустимые значения воздушного зазора электродвигателей

При резком увеличении воздушного зазора (**табл. 21.3**) в мощных электродвигателях с короткозамкнутым ротором внимательно осуществляют механический ремонт ротора, при котором на поверхность наносят слой стали и обтачивают ротор до требуемого размера.

Допустимые значения воздушного зазора электродвигателей *Таблица 21.3*

Частота вращения, об/мин	Зазор, мм, при мощности двигателя, кВт									
	до 0,2	0,2–1,0	1–2,5	2,5–5,0	5,0–10,0	10–20	20–50	50–100	100–200	200–300
500–1500	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,5	0,65	0,8	1,0
300	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,65	0,8	1,0	1,25	1,5

Воздушный зазор измеряют с двух противоположных торцов электродвигателя калибровочным щупом, который вводится через специальные или наблюдательные люки в торцевых щитах. С каждой стороны измерения производят в четырех точках, смещенных одна относительно другой на 90°. Зазор определяют как среднее арифметическое всех замеров.

В **асинхронных двигателях** нормируется также неравномерность зазора, которая определяется как отношение значения зазора в данной точке к его среднему значению. Отклонение не должно превышать 10 %.

ПРИМЕЧАНИЕ

Некоторые электродвигатели не имеют люков в щитах. В этом случае зазор измеряют после их разборки.

Ротор укладывают непосредственно на статор. Затем замеряют зазор напротив самой верхней части расточки статора. Затем ротор поворачивают на 90° и измеряют зазор напротив той же точки статора. Зазор определяют по формуле $\sigma_{ср} = (\sigma_1 + \sigma_2)/4$.

ONLINE ВИДЕО

Гудит и греется электродвигатель. Причина	*Искрит одна щетка. Ремонт статора вместо перемотки*	*Как разобрать и отремонтировать трехфазный электродвигатель*
Когда привезли в ремонт электродвигатель	*Почему сгорел электродвигатель*	*Обрыв стержней ротора асинхронного двигателя*
Привезли в ремонт электродвигатели	*Разновидность неисправности якоря коллекторного мотора*	*Ремонт асинхронного мотора*
Ремонт статорной обмотки электродвигателя	*Ремонт электродвигателей*	*Ремонт электродвигателей*
Неисправность асинхронного электродвигателя, диагностика (P =15 кВт, 0,4 кВ, Iном=30 А)	*Неисправности электродвигателей, анализ и профилактическое обслуживание. Часть 1*	*Перегрев электродвигателя по электрическим причинам. Часть 2*

ONLINE ВИДЕО

Однофазный асинхронный двигатель гудит и не крутится. Асинхронный двигатель греется	*Почему коллектор искрит? Тянет дугу? Как восстановить...?*	*Коллектор тянет дугу! Как устранить это! Болгарка ДВТ125*
Ремонт электродвигателя	*Ремонт электродвигателя! Не запускается?*	*Ремонт электродвигателя Siemens*
Ремонт электродвигателя 220 вольт, прозвонка, подбор конденсаторов своими руками	*Ремонтируем электродвигатели. Запчасти для электродвигателя*	*Ремонтируем электродвигатели. Рабочий день электромонтера. В ремонт 11 кВт*
Ремонтируем электродвигатели. Рабочий день электромонтера. В ремонт 5,5 кВт	*Своими руками как проверить на обрыв обмотки электродвигателя без приборов*	*Чистка коллектора ротора (якоря) в бытовых условиях*

ГЛАВА 22

ВЛИЯНИЕ ТОКОВЫХ ПЕРЕГРУЗОК НА СРОК СЛУЖБЫ ДВИГАТЕЛЕЙ

Анализ повреждений двигателей

Анализ повреждений двигателей показывает, что **основной причиной их выхода из строя** является разрушение изоляции из-за перегрева.

Температура нагрева обмоток электродвигателя зависит от теплотехнических характеристик двигателя и параметров окружающей среды. Часть выделяемого в двигателе тепла идет на нагрев обмоток, а остальное отдается в окружающую среду. На процесс нагрева влияют такие физические параметры, как теплоемкость и теплоотдача.

В зависимости от теплового состояния электродвигателя и окружающего воздуха степень их влияния может быть различной. Если разность температур двигателя и окружающей среды невелика, а выделяемая энергия значительна, то ее основная часть поглощается обмоткой, сталью статора и ротора, корпусом двигателя и другими его частями. Происходит интенсивный рост температуры изоляции.

По мере нагрева все больше проявляется влияние теплоотдачи. Процесс устанавливается после достижения равновесия между выделяемым теплом и теплом, отдаваемым в окружающую среду.

Повышение тока сверх допустимого значения не сразу приводит к аварийному состоянию. Требуется некоторое время, прежде чем статор и ротор нагреются до предельной температуры. Поэтому нет необходимости в том, чтобы защита реагировала на каждое превышение тока. Она должна отключать машину только в тех случаях, когда возникает опасность быстрого износа изоляции.

С точки зрения нагрева изоляции большое значение имеют величина и длительность протекания токов, превышающих номинальное значение. Эти параметры зависят, прежде всего, от характера технологического процесса.

Перегрузки электродвигателя технологического происхождения

Рассмотрим перегрузки электродвигателей, вызванные периодическим увеличением вращающего момента на валу рабочей машины. В таких станках и установках мощность электродвигателя все время изменяется. Трудно заметить сколько-нибудь длительный промежуток времени, в течение которого ток оставался бы неизменным по величине. На валу двигателя периодически возникают кратковременные большие моменты сопротивления, создающие броски тока.

В других машинах могут возникать сравнительно небольшие, но длительные перегрузки. Обмотки электродвигателя постепенно нагреваются до температуры, близкой к предельно допустимому значению. Обычно электродвигатель имеет некоторый запас по нагреву, и небольшие превышения тока, несмотря на продолжительность действия, не могут создать опасной ситуации. В этом случае отключение не обязательно.

Аварийные перегрузки электродвигателя

Кроме перегрузок технологического происхождения, могут быть аварийные перегрузки, возникающие по другим причинам (авария в питающей линии, заклинивание рабочих органов, снижение напряжения и др.). Они создают своеобразные режимы работы асинхронного двигателя и выдвигают свои требования к средствам защиты.

Перегрузки при длительном режиме работы с постоянной нагрузкой

Обычно электродвигатели выбирают с некоторым запасом по мощности. Кроме того, большую часть времени машины работают с недогрузкой. В результате ток двигателя часто значительно ниже номинального значения. Перегрузки возникают, как правило, при нарушениях технологии, поломках, заедании и заклинивании в рабочей машине.

ВНИМАНИЕ

Защита должна отключать электродвигатель при возникновении перегрузок, вызывающих опасный перегрев обмоток.

С точки зрения **влияния длительных превышений тока на изоляцию** следует различать:

- сравнительно небольшие перегрузки (до 50%);
- большие перегрузки (более 50%).

Действие первых проявляется не сразу, а постепенно, в то время как последствия вторых проявляются через короткое время. Если превышение температуры над допустимым значением невелико, то старение изоляции происходит медленно. Небольшие изменения в структуре изолирующего материала накапливаются постепенно. С ростом температуры процесс старения экспоненциально ускоряется.

ПРИМЕЧАНИЕ

Из закона Аррениуса следует, что перегрев сверх допустимого на каждые 8–10 °С сокращает срок службы изоляции обмоток электродвигателя в два раза. Таким образом, перегрев на 40 °С сокращает срок службы изоляции в 32 раза!

При больших перегрузках (более 50%) изоляция быстро разрушается под действием высокой температуры.

Зависимость допустимой длительности перегрузки от ее величины называется **перегрузочной характеристикой электродвигателя**. Теплофизические свойства электродвигателей разных типов имеют некоторые отличия, также отличаются и их характеристики. На **рис. 22.1** сплошной линией показана одна из таких характеристик.

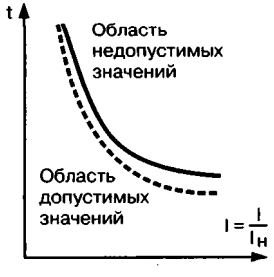


Рис. 22.1. *Перегрузочная характеристика электродвигателя (сплошная линия) и желаемая характеристика защиты (пунктирная линия)*

Из приведенной характеристики можно сформулировать одно из основных требований к защите от перегрузок, действующей в зависимости от тока. Она должна срабатывать в зависимости от величины перегрузки. Это дает возможность исключить ложные срабатывания при неопасных бросках тока, возникающих, например, при пуске двигателя. Защита должна срабатывать только при попадании в область недопустимых значений тока

и длительности его протекания. Ее желаемая характеристика, показанная на **рис. 22.1** пунктирной линией, должна всегда располагаться под перегрузочной характеристикой двигателя.

Перегрузки при переменном длительном режиме работы

Некоторые рабочие органы и механизмы создают нагрузку, изменяющуюся в больших пределах, как, например, в машинах для дробления, измельчения. Здесь периодические перегрузки сопровождаются недогрузками вплоть до работы на холостом ходу.

Каждое увеличение тока, взятое в отдельности, не приводит к опасному росту температуры. Однако если их много и они повторяются достаточно часто, действие повышенной температуры на изоляцию быстро накапливается.

ПРИМЕЧАНИЕ

Повторно-кратковременный режим работы можно отнести к наиболее неблагоприятному с точки зрения действия защиты. Периодическое включение в работу предполагает возможность кратковременной перегрузки двигателя. Величина перегрузки должна быть ограничена по условию нагрева обмоток не выше допустимого значения.

Защита, «следящая» за состоянием нагрева обмотки, должна получать соответствующий сигнал. Так как в переходных режимах ток и температура могут не соответствовать друг другу, то защита, действие которой основано на измерении тока, не может выполнять свою роль должным образом.

ГЛАВА 23

УСТРАНЕНИЕ ВИБРАЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Причины возникновения вибрации

Величина вибрации измеряется на всех подшипниках электродвигателей в горизонтально-поперечном (перпендикулярно оси вала), горизонтально-осевом и вертикальном направлениях.

Измерение вибрации производится:

- в двух первых направлениях — на уровне оси вала;
- в вертикальном направлении — в наивысшей точке подшипника.

Вибрация электродвигателей измеряется **виброметрами**. Повышенная вибрация, чаще всего, может быть вызвана электромагнитными или механическими причинами.

Электромагнитные причины возникновения вибрации электродвигателей:

- неправильное выполнение соединений отдельных частей или фаз обмоток;
- недостаточная жесткость корпуса статора, вследствие чего активная часть якоря притягивается к полюсам индуктора и вибрирует;
- замыкания различного вида в обмотках электродвигателей;
- обрывы одной или нескольких параллельных ветвей обмоток;
- неравномерный воздушный зазор между статором и ротором.

Механические причины возникновения вибрации электродвигателей:

- неправильная центровка электродвигателя с рабочей машиной;
- неисправности в соединительной муфте;

- искривление вала;
- неуравновешенность вращающихся частей электродвигателя или рабочей машины;
- ослабление крепления или посадки вращающихся частей.

Технические характеристики виброметров

Малогабаритный виброметр марки «К1» (**рис. 23.1**) предназначен для проведения измерения вибрации в размерности виброскорости (мм/с) в стандартном диапазоне частот от 10 до 1000 Гц. Прибор может быть использован неквалифицированным персоналом.

Преимуществами виброметра К1 являются:

- яркий экран, допускающий работу в широком диапазоне температур, до –20 °С;
- малые габариты и вес;
- возможность длительной работы от встроенных аккумуляторов.

Малогабаритный виброметр марки «Vibro Vision» предназначен для контроля уровня вибрации и экспресс-диагностики дефектов вращающегося оборудования. Позволяет измерять общий уровень вибрации (среднеквадратичное значение, пик, размах), оперативно диагностировать состояние подшипников качения.

Виброметр регистрирует сигналы в размерности виброускорения, виброскорости, виброперемещения при помощи встроенного или внешнего датчика. При помощи встроенного вибродатчика виброметр наиболее удобен для простых и оперативных измерений.

При использовании внешнего датчика, устанавливаемого на контролируемом оборудовании при помощи магнита или с использованием щупа, можно проводить более сложные измерения. Дополнительными функциями виброметра «Vibro Vision» являются:

- определение состояния подшипников качения на основе расчета эксцесса виброускорения;
- простейший анализатор вибросигналов.

Прибор позволяет оценивать форму вибросигнала (256 отсчетов) и анализировать спектр вибросигнала (100 линий). Это позволяет «на месте» диагностировать такие дефекты, как небаланс, расцентровку.

Рис. 23.1. Внешний вид виброметра К1

Методика поиска внешних причин вибрации

ВНИМАНИЕ

Вибрация электродвигателя, превышающая норму, должна быть устранена.

Не отключая двигателя, следует проверить, не являются ли причиной вибрации:

- слабое крепление двигателя;
- нарушение и разрушение сварки элементов фундаментной рамы;
- разрушение бетона фундамента. Для этого на ощупь определяют и сравнивают вибрацию лап электродвигателя или стульев его подшипников, болтов, крепящих электродвигатель, и рамы вблизи лап.

ПРИМЕЧАНИЕ

При недостаточной затяжке болта вибрирует только лапа двигателя, а болт не вибрирует или вибрирует незначительно.

Лучше всего разницу в вибрации можно заметить, приложив палец на стык двух сопрягаемых деталей, в данном случае на стык болта и лапы. При нарушении прочного сопряжения между ними вибрация вызывает перемещение одной детали относительно другой, и палец легко обнаружит это.

Если вибрирует и болт, то указанным способом проверяется, нет ли разницы в вибрации:

- на стыке между лапой и рамой;
- между верхней полкой и вертикальной частью рамы;
- между ребром жесткости и верхней и нижней полками;
- между нижней полкой рамы и фундаментами и т. д.

ПРИМЕЧАНИЕ

Иногда нарушение прочного сопряжения между деталями обнаруживается по появлению мелких пузырей, а при сильной вибрации — и мелких брызг масла в месте стыка.

При обнаружении дефекта в сопряжении между рамой и фундаментом, появляющегося чаще всего из-за разъедания бетона маслом, весь пропитанный бетон, в том числе и пока сохранивший прочность,

должен быть удален и заменен свежим. На время схватывания бетона агрегат должен быть остановлен.

Методика поиска внутренних причин вибрации

Если дефектов в фундаменте, раме, креплении электродвигателя и его торцовых крышек, креплении приводимого механизма не обнаружено, следует рассоединить муфту между электродвигателем и механизмом, запустить электродвигатель в работу на холостом ходу.

Если в момент пуска и на холостом ходу электродвигатель работает без вибрации, то **причину вибрации** следует искать:

- в нарушении центровки;
- в износе пальцев или самих полумуфт;
- в появлении небаланса в приводимом механизме.

Если электродвигатель вибрирует и на холостом ходу, то причина вибрации находится в самом электродвигателе. В этом случае следует проверить, не исчезает ли вибрация сразу после отключения электродвигателя от сети.

ПРИМЕЧАНИЕ

Исчезновение вибрации сразу после отключения от сети указывает на наличие неравномерного зазора между ротором и статором.

Для устранения вибрации, вызванной неравномерным зазором, следует принять меры к его выравниванию.

Сильная вибрация электродвигателя при пуске на холостом ходу указывает на неравномерный зазор или на обрыв стержня в обмотке ротора. Если зазор равномерен, то причина вибрации только в обрыве стержня ротора. Вибрация в этом случае устраняется путем ремонта обмотки ротора.

Если вибрация электродвигателя, отсоединенного от механизма, после отключения от сети пропадает не сразу, а снижается по мере снижения числа оборотов, то причина вибрации — в небалансе ротора из-за неуравновешенности полумуфты, изгиба или появления трещины на валу, смещения обмотки, отрыва бочки ротора от вала. В этом случае полезно снять полумуфту и электродвигатель запустить без нее.

Нормальная работа электродвигателя указывает на небаланс полумуфты. Такую полумуфту необходимо установить на оправку и проточить по всей наружной поверхности на токарном станке. Если и после

снятия полумуфты вибрация осталась, ротор должен быть вынут и проверен на отсутствие дефектов на валу и в креплении на нем роторной бочки. При отсутствии дефектов ротор должен быть подвергнут динамической балансировке на станке. Статическая балансировка ротора на ножах в данном случае не поможет, поэтому производить ее не следует.

Повышенные зазоры в подшипниках скольжения сами по себе вибрацию не вызывают. Если нет других причин вибрации, то и при больших зазорах электродвигатель, особенно на холостом ходу, будет работать нормально. Но если появятся другие причины вибрации, то величина ее при больших зазорах будет значительно выше, чем при допустимых зазорах.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если электродвигатель вибрирует только под нагрузкой и определить причину вибрации не удается, следует принять меры к уменьшению зазора в подшипниках путем их перезаливки.

Вибрация электродвигателя по причине дефектности подшипников качения обнаруживается легко. Дефектный подшипник сильно шумит, греется. Его необходимо заменить и только потом продолжить выяснение причины вибрации, если она осталась.

Дефектами соединительной муфты, вызывающими вибрацию, являются неуравновешенность полумуфт, несоосность отверстий в полумуфтах более чем на 1 мм, неодинаковость веса пальцев, неравномерный износ их или износ мягких шайб до такой степени, что пальцы касаются сталью отверстий в полу муфтах.

Все пальцы должны быть взвешены. Если есть разница в весе, то каждые два пальца, имеющие одинаковый вес, устанавливаются в противоположные отверстия полумуфт. Все сработавшиеся пальцы должны быть восстановлены заменой кожи или резины. Полумуфты, имеющие несоосность отверстий, должны быть заменены.

ГЛАВА 24

КОНТРОЛЬ НАГРЕВА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Допустимые температуры нагрева электрических двигателей

Допустимый нагрев электрических двигателей зависит от класса изоляции обмоток. Переход на более высокий класс изоляции электродвигателя может быть осуществлен только при капитальном ремонте.

ВНИМАНИЕ

Необходимо знать, что с повышением температуры обмоток электродвигателей сверх допустимых значений, резко сокращается срок службы изоляции.

Температурой окружающего воздуха, при которой электродвигатель может работать с номинальной мощностью, считается 40 °С. При повышении температуры окружающего воздуха выше 40 °С нагрузка на электродвигатель должна быть снижена настолько, чтобы температура отдельных его частей не превышала допустимых значений. Предельные допустимые превышения температуры активных частей электродвигателей и при температуре окружающей среды 40 °С не должна превышать:

- 65 °С — для изоляции класса А;
- 80 °С — для изоляции класса Е;
- 90 °С — для изоляции класс В;
- 110 °С — для изоляции класса Г;
- 135 °С — для изоляции класса Н.

У асинхронных двигателей с уменьшением напряжения питающей сети уменьшается мощность на валу двигателя. Кроме того снижение напряжения ниже 95% от номинального приводит к значительному росту тока двигателя и нагреву обмоток.

Рост напряжения выше 110% от номинального также ведет к росту тока в обмотках двигателя, и увеличивается нагрев статора за счет вихревых токов.

ВНИМАНИЕ

Независимо от снижения температуры окружающего воздуха увеличивать токовые нагрузки более чем на 10% от номинального не допускается.

Для контроля нагрева электрооборудования применяют методы: термометра; сопротивления; термопары; инфракрасного излучения.

Контроль нагрева двигателя по методу термометра

Метод термометра применяют для измерения температуры доступных поверхностей. Используют ртутные (избегать, токсично!), спиртовые и толуоловые стеклянные термометры, погружаемые в специальные гильзы, герметически встроенные в крышки и кожухи оборудования.

Ртутные термометры обладают более высокой точностью, но применять их в условиях действия электромагнитных полей не рекомендуется ввиду высокой погрешности, вносимой дополнительным нагревом ртути вихревыми токами.

При необходимости передачи измерительного сигнала на расстояние нескольких метров (например, от теплообменника в крышке трансформатора до уровня 2–3 м от земли) используют термометры манометрического типа, например, термосигнализаторы ТСМ-10.

Термосигнализатор ТСМ-10 состоит из термобаллона и полой трубки, соединяющей баллон с пружиной показывающей части прибора. Термосигнализатор заполнен жидким метилом и его парами. При изменении температуры изменяется давление паров хлористого метила, который передается стрелке прибора. Достоинство манометрических приборов заключается в их вибрационной устойчивости.

Контроль нагрева двигателя термометром с указателем манометрического типа

Метод сопротивления основан на учете изменения величины сопротивления металлического проводника от его температуры. Для мощных трансформаторов и синхронных компенсаторов применяют

термометры с указателем манометрического типа. Схема включения дистанционного электротермометра показаны на **рис. 24.1**.

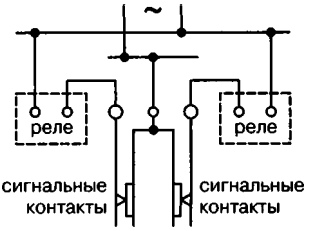


Рис. 24.1. *Дистанционный электротермометр манометрического типа*

В дистанционном электротермометре стрелки указателя имеют два контакта для сигнализации температуры, заданной установкой. При замыкании контактов срабатывает соответствующее реле в схеме сигнализации.

Для измерения температуры в отдельных точках синхронных компенсаторов (в пазах для измерения стали, между стержнями обмоток для измерения температуры обмоток и других точках) устанавливаются терморезисторы. Сопротивление резисторов зависит от температуры в точках измерения.

Терморезисторы изготовляют из платиновой или медной проволоки, их сопротивления калиброваны.

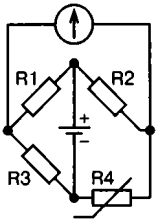


Рис. 24.2. *Схема измерения температур с помощью терморезистора*

Схема измерения температур с помощью терморезистора показана на **рис. 24.2**.

Такой терморезистор R4 включается в плечо резистивного моста. В одну из диагоналей моста включается источник питания, в другую — измерительный прибор. Резисторы R1—R4 в плечах моста подбираются таким образом, что при номинальной температуре мост находится в равновесии, и ток в цепи прибора отсутствует.

При отклонении температуры в любую сторону от номинальной изменяется сопротивление терморезистора R4, нарушается баланс моста, и стрелка прибора отклоняется, показывая температуру измеряемой точки. Перед измерением стрелка прибора должна находиться в нулевом положении.

Контроль нагрева двигателя с помощью термометров сопротивления

Средством дистанционного измерения температуры обмотки и стали статора генераторов, синхронных компенсаторов, температуры охлаждающего воздуха, водорода являются термометры сопротивления, в которых также использована зависимость величины сопротивления проводника от температуры.

Конструкции термометров сопротивления разнообразны. В большинстве случаев — это бифилярно намотанная на плоский изоляционный каркас тонкая медная проволока, имеющая входное сопротивление

53 Ом при температуре 0 °С. В качестве измерительной части, работающей в совокупности с термометрами сопротивления, применяют автоматические электронные мосты и логомеры, снабженные температурной шкалой.

Установку термометров сопротивления в статор машины выполняют при ее изготовлении на заводе. Медные термометры сопротивления укладывают между стержнями обмотки и на дно паза.

Контроль нагрева двигателя по методу термопары

Метод термопары основан на использовании термоэлектрического эффекта, т. е. температурной зависимости ЭДС, возникающей на концах электрической цепи из разнородных проводников при условии разности температур точки их спая и свободных концов этих проводников. Наиболее часто для измерений используют медь-константановые, хромель-копелевые, платино-родиевые термопары.

Если измеряемая температура не превышает 100...120 °С, то между термоЭДС и разностью температур нагретых и холодных концов термопары существует прямопропорциональная зависимость.

Откалиброванные термопары присоединяют к измерительным приборам компенсационного типа, потенциометрам постоянного тока и автоматическим потенциометрам, которые предварительно градуируют. С помощью термопар измеряют температуры конструктивных элементов турбогенераторов, охлаждающего газа, активных частей, например, активной стали статора.

Контроль нагрева двигателя по методу инфракрасного излучения

Метод инфракрасного излучения положен в основу приборов, измеряющих температуру по интенсивности или спектру инфракрасного излучения, испускаемого нагретыми поверхностями.

В энергетике получили применение как тепловизоры (термовизоры), так и радиационные пирометры. Тепловизоры обеспечивают возможность получения картины теплового поля исследуемого объекта и его температурного анализа. С помощью радиационного пирометра определяется только температура объекта контроля.

Очень часто тепловизор используется совместно с пирометром. Сначала с помощью тепловизора выявляют объекты с повышенным нагревом, а затем, используя пирометр, определяют его температуру. Поэтому точность измерения температуры определяется, прежде всего, параметрами применяемого пирометра.

Определение температуры обмоток по их сопротивлению постоянному току

Метод сопротивления — определение температуры обмоток по их сопротивлению постоянному току, часто используется для измерения температуры обмоток. Метод основан на свойстве металлов изменять электрическое сопротивление в зависимости от температуры.

Для определения превышения температуры осуществляют измерения сопротивления обмотки в холодном и нагретом состояниях и производят вычисления. Следует учитывать, что с момента отключения двигателя до начала замеров проходит некоторое время, в течение которого обмотка успевает остыть. Поэтому для правильного определения температуры обмоток в момент отключения, т. е. в рабочем состоянии двигателя, после отключения машины по возможности через равные промежутки времени (по секундомеру) производят несколько измерений. Эти промежутки не должны превышать времени от момента выключения до первого замера. Затем производят экстраполяцию измерений, построив график $R = f(t)$.

Метод амперметра-вольтметра

Методом амперметра-вольтметра измеряют сопротивление обмотки. Первое измерение от момента отключения двигателя производят не позднее чем через:

- 1 мин для машин мощностью до 10 кВт;
- 1,5 мин — для машин мощностью 10–100 кВт;
- 2 мин — для машин мощностью выше 100 кВт.

Если первое измерение сопротивления произведено не более чем через 15–20 с момента выключения, то за сопротивление принимают наибольшее из первых трех измерений. Если первое измерение произведено более чем через 20 с после отключения машины, то устанавливают поправку на остывание.

Для этого производят 6–8 измерений сопротивления и строят график изменения сопротивления при остывании:

- по оси ординат откладывают соответствующие измеренные сопротивления;
- по оси абсцисс — время (точно в масштабе), прошедшее от момента выключения электродвигателя до первого измерения, промежутки между измерениями и получают кривую, изображенную на графике сплошной линией.

После этого продолжают эту кривую влево, сохраняя характер ее изменения, до пересечения с осью. Отрезок на оси ординат от начала координат до пересечения с пунктирной линией с достаточной точностью определяет искомое сопротивление обмотки двигателя в горячем состоянии.

Основная номенклатура двигателей, установленных на промышленных предприятиях, включает в себя изоляционные материалы классов А и В.

ПРИМЕР

Если для пазовой изоляции применен материал на основе слюды класса В, а для обмотки — провод ПБД с хлопчатобумажной изоляцией класса А, то двигатель по классу нагревостойкости относится к классу А.

Если температура охлаждающей среды ниже 40 °С, то для всех классов изоляции допускаемые превышения температуры могут быть увеличены на столько градусов, на сколько температура охлаждающей среды ниже 40 °С, но не более чем на 10 °С. Если температура охлаждающей среды 40–45 °С, то предельно допустимые превышения температуры, снижаются для всех классов изоляционных материалов на 5 °С, а при температурах охлаждающей среды 45–50 °С — на 10 °С. За температуру охлаждающей среды обычно принимают температуру окружающего воздуха.

Для закрытых машин на напряжение не более 1 500 В предельно допустимые превышения температуры обмоток статоров электродвигателей мощностью менее 5000 кВт или с длиной сердечника менее 1 м, а также стержневых обмоток роторов при измерении температур методом сопротивления допускается повышать на 5 °С. При измерении температуры обмоток по способу замера их сопротивления определяется средняя температура обмоток. В действительности при работе двигателя отдельные зоны обмоток, как правило, имеют разную температуру. Поэтому максимальная температура обмоток, определяющая долговечность изоляции, всегда немного превышает среднее значение.

ГЛАВА 25

РЕМОНТ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Методы определения места повреждения изоляции обмотки

Прежде всего, необходимо разъединить фазные обмотки и измерить сопротивление изоляции каждой фазной обмотки от магнитопровода или, по крайней мере, проверить целость изоляции.

Для определения места повреждения могут быть использованы **методы**:

- измерения напряжения между концами обмотки и магнитопроводом;
- определения направления тока в частях обмотки;
- деления обмотки на части и метод «прожигания».

При первом методе на фазную обмотку с поврежденной изоляцией подается пониженное переменное или постоянное напряжение, измеряют напряжение между концами обмотки и магнитопроводом. По соотношению этих напряжений можно судить о положении места повреждения обмотки относительно ее концов. Этот метод не обеспечивает достаточной точности при малом сопротивлении обмотки.

Второй метод заключается в том, что постоянное напряжение подается на объединенные в общую точку концы фазной обмотки и на магнитопровод. Для возможности регулирования и ограничения тока в цепь включают реостат. Направления токов в обеих частях обмотки, разграниченных точкой соединения с магнитопроводом, будут противоположными. Если поочередно касаться двумя проводами от милливольтметра концов каждой катушечной группы, то стрелка прибора будет отклоняться в одном направлении до тех пор, пока про-

вода от милливольтметра не будут присоединены к концам катушечной группы с поврежденной изоляцией. На концах следующих катушечных групп отклонение стрелки изменится на противоположное.

У катушечной группы с поврежденной изоляцией отклонение стрелки будет зависеть от того, к какому из концов ближе место повреждения изоляции.

Величина напряжения на концах этой катушечной группы будет меньше, чем на других катушечных группах, если повреждение изоляции не находится вблизи концов катушечной группы. Таким же образом производится дальнейшее определение места повреждения изоляции внутри катушечной группы.

Признаки замыкания в обмотках

Возможны следующие замыкания в обмотках электрических машин переменного тока между:

- витками одной катушки;
- катушками или катушечными группами одной фазы;
- катушками разных фаз.

Основным признаком, по которому можно найти замыкание в обмотках электродвигателя переменного тока, является нагрев короткозамкнутого контура. Для этого необходимо ощупать обмотку электродвигателя после ее отключения.

ВНИМАНИЕ

Ощупывание обмотки следует производить только при выключенной обмотке!

Чтобы найти дефект в фазном роторе асинхронного двигателя, ротор затормаживают и включают статор в сеть. В случае замыкания значительной части обмотки ротора или если двигатель имеет большую мощность, затормаживание при номинальном напряжении становится невозможным, так как вызывает большую силу тока в статоре и срабатывание защиты двигателя. В таких случаях испытание рекомендуется производить при пониженном напряжении.

В некоторых случаях короткозамкнутую часть обмотки электродвигателя можно сразу определить по внешнему виду — по обуглившейся изоляции.

СОВЕТ

При наличии параллельных ветвей в обмотке короткое замыкание в одной из ветвей фазы (при значительном числе замкнувшихся витков) может вызвать нагрев и другой ветви, не имеющей короткого замыкания, так как последняя оказывается замкнутой витками дефектной ветви обмотки.

Фазу, имеющую замыкание, можно найти по несимметрии потребляемого тока из сети. При соединении обмотки электродвигателя звездой (**рис. 25.1, *а***) в фазе, имеющей замыкание, ток (А3) будет больше, чем в двух других фазах.

При соединении обмотки электродвигателя треугольником (**рис. 25.1, *б***) в двух фазах сети, к которым присоединена дефектная фаза, токи (А1 и А3) будут больше, чем в третьей фазе (А2).

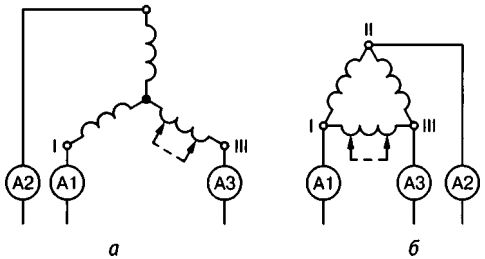


Рис. 25.1. *Пояснение признаков замыкания в обмотках при соединении ЗВЕЗДОЙ (а) и ТРЕУГОЛЬНИКОМ (б)*

Определение дефектной фазы

Опыт определения дефектной фазы рекомендуется производить при пониженном напряжении (1/3–1/4 номинального) в случае асинхронного двигателя:

- с фазным ротором обмотка последнего может быть разомкнута;
- с короткозамкнутым ротором или же в случае синхронного двигателя ротор может вращаться или быть заторможенным.

При проведении опыта с синхронным двигателем в неподвижном состоянии его обмотка возбуждения должна быть замкнута накоротко или же на разрядное сопротивление.

В опыте с неподвижной синхронной машиной токи в ее фазах будут различаться даже в том случае, если машина исправна, что объясняется магнитной асимметрией ее ротора. При поворачивании ротора

эти токи будут изменяться, однако при исправной обмотке пределы их изменений будут одинаковы.

Фаза, имеющая замыкание, может быть определена:

- либо по значению ее сопротивления постоянному току, измеренного мостом;
- либо по методу амперметра-вольтметра, меньшее сопротивление будет иметь фаза с замыканием.

Если же нет возможности разъединить фазы, то производят измерения трех междуфазных сопротивлений.

В случае соединения фаз электродвигателя звездой (**рис. 25.1, *а***) наибольшим будет междуфазное сопротивление, измеренное на концах фаз, не имеющих замыканий. Два других сопротивления будут равны между собой и будут меньше первого.

В случае соединения фаз электродвигателя треугольником (**рис. 25.1, *б***) наименьшее сопротивление будет на концах фазы, имеющей замыкание. Два других измерения дадут большие значения сопротивления, причем оба они будут одинаковы.

Катушечные группы или катушки, имеющие замыкания, могут быть найдены при питании переменным током всей обмотки или только дефектной фазы:

- или по нагреву;
- или по значению падения напряжения на их концах.

ПРИМЕЧАНИЕ

Катушечные группы или катушки, имеющие замыкание, будут сильно нагреты и будут иметь меньшее падение напряжения (при измерении напряжения удобно пользоваться острыми щупами, которыми прокалывают изоляцию соединительных проводов).

В этом случае, так же как и выше, дефектные катушки можно найти по значению сопротивления постоянному току.

Замыкания в обмотке генератора могут быть найдены по значению индуктированной ЭДС в фазах обмотки, в ее катушечных группах или в катушках. Для этого генератор пускают в ход, дают ему небольшое возбуждение и производят измерения фазных напряжений.

Если обмотки соединены треугольником, то фазы следует разъединить.

ПРИМЕЧАНИЕ

Фаза, имеющая замыкание, будет иметь меньшее напряжение.

Для нахождения катушечной группы или катушки, имеющей замыкание, измеряют напряжение на их концах. Для высоковольтной машины опыт можно произвести при остаточном напряжении.

Диагностика обмоток

В тех случаях, когда необходимо выяснить, имеется ли дефект в статорной обмотке или роторной обмотке, поступают следующим образом.

Статорную обмотку включают на пониженное напряжение (1/3–1/4 номинального) при разомкнутом роторе и измеряют напряжение на кольцах ротора, медленно проворачивая ротор.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если напряжения на кольцах ротора (попарно) не равны между собой и меняются в зависимости от положения ротора по отношению к статору, то это указывает на замыкание в статорной обмотке.

При замыкании в роторной обмотке (при исправной статорной обмотке) напряжение между кольцами ротора будет неодинаковым, не будет меняться в зависимости от положения ротора.

Опыт может быть произведен при питании ротора и измерении напряжения на зажимах статора, при этом получится обратная картина. Подводимое к ротору напряжение должно составлять 1/3–1/4 номинального напряжения на кольцах ротора, т. е. напряжения на кольцах при неподвижном роторе и статоре, включенном на номинальное напряжение.

После выявления, какая из обмоток (роторная или статорная) имеет соединение между витками, определяют дефектную фазу, катушечную группу или катушку рассмотренными выше способами.

Метод последовательного деления на части

В сложных случаях (при замыкании большого числа катушек) или когда короткозамкнутую ветвь по каким-либо причинам не удается выявить, прибегают к методу деления обмотки на части. Для этого обмотку делят сначала пополам и проверяют мегаомметром соединение между собой этих частей. Затем одну из этих частей делят снова

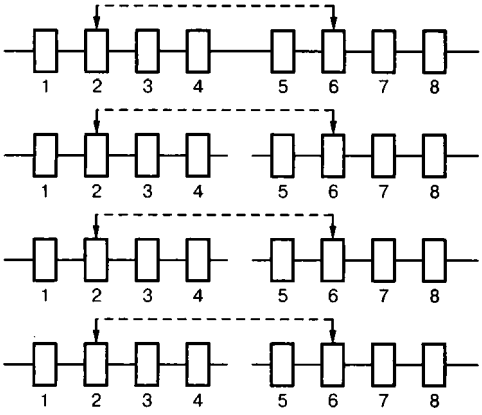


Рис. 25.2. Нахождение короткого замыкания между катушками одной фазы

на две части, и каждую из них проверяют на соединение с первой половиной. И так далее до тех пор, пока не будут найдены катушки, имеющие соединение.

Для наглядности на **рис. 25.2** схематически представлен этот **способ нахождения дефекта в фазе**, имеющей восемь катушечных групп, при наличии соединения между катушками 2 и 6 катушечных групп. Деление обмотки на части показано в последовательном порядке.

Способ последовательного деления на равные части позволяет обойтись меньшим числом распаек, чем при делении всей обмотки на катушечные группы.

Если произошло замыкание между двумя фазами, то место соединения находят аналогично предыдущему, разъединяя обмотки пофазно. Катушки одной из фаз, имеющей соединение, разделяют на две части и мегаомметром проверяют наличие соединений каждой такой половины со второй фазой. Затем ту часть, которая соединена с другой фазой, снова разделяют на две части, и каждую из них снова проверяют и т. д.

Метод последовательного деления на части применяют при нахождении замыкания в обмотках, имеющих параллельные ветви. В этом случае необходимо дефектные фазы разделить на параллельные ветви и определить сначала, между какими ветвями имеется соединение, а уж затем применить к ним этот метод.

Ремонт обмотки с удалением из схемы поврежденных катушек

Если отключение электродвигателя из-за повреждения его обмотки вызвало остановку важного оборудования, то проще и быстрее всего заменить поврежденный электродвигатель резервным.

При отсутствии резервного электродвигателя продолжительность ликвидации аварийного положения будет зависеть от того, насколько быстро удастся восстановить поврежденный электродвигатель. Даже частичная перемотка электродвигателя с заменой нескольких поврежденных катушек, если они расположены рядом друг с другом, займет не

менее 4–6 дней. При расположении поврежденных катушек в разных местах по окружности статора потребуется полная перемотка статора электродвигателя, на что времени уходит еще больше.

В этих условиях целесообразно, если число поврежденных катушек невелико, выполнить аварийный (временный) ремонт обмотки статора путем удаления из ее схемы поврежденных катушек.

Какое число катушек обмотки электродвигателя допустимо выключить из схемы?

Если напряжение, подводимое к электродвигателю, равно или ниже нормального, то в каждой фазе можно выключить до 10% числа катушек, приходящихся на одну фазу. Например, если на фазу приходится 24 катушки, то из каждой фазы можно выключить не более 24×0,1=2,4 катушки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Поскольку поврежденная катушка должна быть выключена полностью, то число выключаемых катушек должно быть целым числом, в данном случае не более двух. Во всех трех фазах в данном случае можно выключить шесть катушек.

При удалении из схемы не более 10% общего числа катушек, приходящихся на фазу, на каждой из оставшихся в работе катушек напряжение относительно номинального повысится не более чем на 10%, что вполне допустимо.

Если подводимое к электродвигателю напряжение превышает номинальное, в каждой фазе можно выключить только такое количество катушек, при котором на каждой из оставшихся в работе катушек повышенное напряжение не превысило бы 110% номинального. Например, если напряжение, подведенное к электродвигателю, составляет 105% от номинального, то можно удалить из схемы не более 5% числа катушек в фазе.

ВНИМАНИЕ

Если напряжение, подведенное к электродвигателю, равно 110%, то удаление поврежденных катушек из схемы приведет к перегреву стали статора.

В исключительных случаях для ликвидации аварийного положения и при таком напряжении целесообразно идти на временное выключение поврежденных катушек.

В короткозамкнутых витках при работе электродвигателя будет проходить недопустимо большой ток, который вызовет сгорание не только этих витков, но приведет к перегреву и повреждению изоляции витков в соседних пазах.

Поэтому в выведенных из схемы поврежденных катушках следует кусачками перекусить все витки и концы их отогнуть таким образом, чтобы исключить случайное образование короткозамкнутых витков при работе электродвигателя.

Для этого важно **не допустить касания концов проводников**:

- одного паза с концами проводников другого паза.
- к активной стали и корпусу статора, так как при этом могут создаться короткозамкнутые витки.

Соединение между собой концов проводников одного и того же паза не опасно.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если изоляция витков повреждена в обоих пазах, принадлежащих этим виткам, то витки следует перекусить с обеих сторон статора. Перекушенные концы витков катушки, если они надежно отогнуты и при работе не коснутся стали или корпуса электродвигателя, можно не изолировать.

Концы схемных проводников, отключенные от поврежденных катушек, должны быть надежно соединены перемычками для восстановления целости фазной цепи.

Как показывает опыт, электродвигатели с удаленными из схемы катушками могут успешно работать годами. Однако при очередном капитальном ремонте электродвигателя целесообразно поврежденные катушки заменить новыми.

Измерение сопротивления обмоток электродвигателей по постоянному току

Цели **проведения измерений сопротивления обмоток** электродвигателей по постоянному току:

- выявление дефектов (некачественных соединений, витковых замыканий);
- поиск ошибок в схеме соединений;
- уточнение параметров, используемых при расчетах и наладке режимов, регуляторов и др.

Измерения, особенно у крупных электродвигателей, следует выполнять с особой тщательностью и высокой точностью. Сопротивление обмоток электродвигателей постоянному току измеряют либо с помощью амперметра и вольтметра, либо методом двойного моста.

При измерении сопротивления особое значение имеет правильное **определение температуры обмотки**. Для измерения температуры применяют как заложенные температурные индикаторы, так и встраиваемые термометры и температурные индикаторы, которые должны быть введены не позднее, чем за 15 мин до начала измерения сопротивления.

Устанавливают для измерения температуры обмоток электродвигателей мощностью:

- до 10 кВт — один термометр или температурный индикатор;
- до 100 кВт — не менее двух;
- от 100 до 1000 кВт — не менее трех;
- свыше 1000 кВт — не менее четырех.

За температуру обмоток принимается среднее арифметическое измеренных значений.

ПРИМЕЧАНИЕ

При измерении сопротивлений обмоток электродвигателя в практически холодном состоянии температура обмоток не должна отличаться от температуры окружающей среды более чем на ± 3 °С.

Если невозможно непосредственно измерить температуру обмоток, электродвигатель должен находиться в нерабочем состоянии до измерения сопротивления обмоток в течение времени, достаточного для того, чтобы все части электродвигателя приняли температуру окружающей среды. Изменение температуры окружающей среды за это время не должно превышать ±5 °С. За температуру обмоток электродвигателя принимают температуру окружающей среды в момент измерения сопротивлений. Измерение сопротивления повторяют несколько раз.

ГЛАВА 26

ПРЕДРЕМОНТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Организация предремонтных испытаний

Электрические машины, которые поступают на электроремонтное предприятие (в цех), регистрируют в журнале и отправляют на склад. Очередность передачи со склада в ремонт зависит от даты поступления и типа машин (подбирают однотипные машины).

Во время **предремонтных испытаний**:

- выявляются дефектные узлы и части машины;
- определяется характер и объем ремонта.

ПРИМЕЧАНИЕ

Некоторые машины могут быть отремонтированы без полной замены обмоток; в этом случае ограничиваются ликвидацией мелких дефектов изоляции или выводных концов. Иногда в ремонт ошибочно поступают исправные машины. Выявление таких машин — одна из задач предремонтных испытаний.

Измеряют сопротивление изоляции обмоток относительно корпуса и между обмотками:

- машины с номинальным напряжением до 500 В включительно мегаомметром на 500 В;
- машины с номинальным напряжением свыше 500 В — мегаомметром на 1000 В.

Сопротивление измеряют по очереди для каждой электрически независимой цепи при соединении всех других цепей с корпусом машины.

ВНИМАНИЕ

По окончании измерений цепи необходимо разрядить на заземленный корпус машины.

Продолжительность разрядки обмоток на номинальное напряжение 3000 В и выше следующая:

- обмотки машины мощностью до 1000 кВт (кВ·А) — не менее 15 с;
- обмотки машин большей мощности — не менее 1 мин.

Сопротивление изоляции обмоток относительно корпуса и между обмотками (МОм) должно быть не менее значения, получаемого по формуле (но не менее 0,5 МОм):

$$R = U_н/(1000 + 0{,}01P),$$

где $U_н$ — номинальное напряжение обмоток, В; P — номинальная мощность машины **для постоянного тока**, кВт; P — номинальная мощность машины **для переменного тока**, кВ·А.

ПРИМЕЧАНИЕ

Необходимо отметить, что сопротивление изоляции у машин с неповрежденными, неувлажненными и незагрязненными обмотками обычно значительно больше, чем минимально допустимое, вычисляемое по приведенной выше формуле.

Нормативы испытательного напряжения

Испытания электрической прочности изоляции обмоток и коллектора относительно корпуса машины и между обмотками производят с помощью трансформатора путем приложения напряжения требуемой величины (частотой 50 Гц) в течение 1 мин. Нормативы испытательного напряжения приведены в **табл. 26.1.**

Нормативы испытательного напряжения *Таблица 26.1*

Деталь	Испытательное напряжение, В, при номинальном напряжении, В		
	до 230	440	550
Изготовленная или переизолированная катушка после укладки в пазы и заклиновки, до соединения схемы	2000	2300	2600
То же после соединения, пайки и изолирования схемы	1700	2000	2200
Старая катушка, недемонтированная из пазов	1500	1900	2100
Все обмотки после соединения схемы при частичном ремонте обмоток	1500	2000	2200

Испытания межвитковой изоляции обмотки

При испытаниях **межвитковой изоляции обмотки** она должна в течение 5 мин выдерживать повышенное напряжения. Испытания проводят на холостом ходу электрической машины путем повышения подводимого (для электродвигателей) или генерируемого (для генераторов) напряжения на 30 % сверх номинального.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для вращающейся машины допускается одновременно повышение частоты вращения до 15 %.

Для машин постоянного тока с числом полюсов более четырех испытательное напряжение должно быть таким, чтобы среднее напряжение между смежными коллекторными пластинами составляло не более 24 В.

Синхронные машины, в которых при номинальном токе возбуждения напряжение холостого хода превышает номинальное напряжение более чем на 30 %, испытывают при напряжении холостого хода, соответствующем номинальному току возбуждения.

При испытании **трехфазных асинхронных двигателей с фазным ротором** напряжение повышают при неподвижном роторе и разомкнутой обмотке; при испытании **двигателей с короткозамкнутым ротором** — на холостом ходу.

Машины с многовитковыми катушками (секциями), обмотки которых имеют номинальное напряжение до 600 В включительно, допускается испытывать с использованием напряжения повышенной частоты.

При испытаниях на холостом ходу, кроме определения величины тока и испытания межвитковой изоляции, проверяют:

- состояние механической части машины;
- степень нагревания подшипников;
- возможность проворачивания от руки машин малой мощности без зацепления, стука и посторонних шумов.

Хотя ток холостого хода является ненормированной величиной, его увеличение сверх заводского значения свидетельствует о наличии **дефектов**:

- об аксиальном смещении ротора (якоря) по отношению к статору;
- об увеличении воздушного зазора между ротором и статором;
- об использовании при предыдущих ремонтах меньшего числа витков в обмотках и листов стали в сердечниках при перешихтовке и др.

ПРИМЕЧАНИЕ

Неравномерность тока холостого хода по отдельным фазам электродвигателя не должна превышать 4,5 % его среднего значения.

Испытания изоляции относительно корпуса проводят по очереди для каждой электрически независимой цепи:

шаг 1: один вывод источника испытательного напряжения соединяют с выводом испытываемой обмотки;

шаг 2: второй вывод надежно заземляют и подключают к заземляемому корпусу машины, с которым на время испытания данной обмотки электрически соединяют все другие обмотки, которые не участвуют в испытании.

ПРИМЕЧАНИЕ

Соединенные фазы многофазных обмоток считают за одну цепь, если начало и конец каждой фазы не обеспечены отдельными выводами, и всю многофазную обмотку испытывают относительно корпуса машины целиком.

Если имеются выводы от начала и конца каждой фазы, испытания проводят по очереди для каждой фазы при соединении других фаз с корпусом машины. **Результаты испытания** изоляции обмотки относительно корпуса и между обмотками считаются удовлетворительными, если во время испытания не происходят пробой изоляции или перекрытие ее скользящими разрядами.

ONLINE ВИДЕО

Диагностика обмоток электрических машин

ONLINE ВИДЕО

Ремонт и диагностика машин постоянного тока

ГЛАВА 27

РАЗБОРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Общие требования

Способ и последовательность операций при разборке в значительной степени определяются мощностью и конструкцией машины:

- для разборки крупных машин необходимы специальный инструмент и сложные ремонтные приспособления;
- при разборке машин малой и средней мощности пользуются слесарным инструментом и несложными приспособлениями.

Электрические машины должны приниматься в ремонт с демонтированными передаточными и соединительными деталями. Но не всегда заказчик имеет техническую возможность осуществить это.

Перед снятием детали откручивают стопорный винт или выбивают шпонку, которая фиксирует деталь на валу.

СОВЕТ

Места посадки рекомендуется залить керосином.

Порядок разборки электродвигателя

Порядок разборки электродвигателя при ремонте:

1. Снимают шкив или полумуфту.
2. Снимают крышки подшипников качения, отпускают хомуты траверс, отвинчивают гайки со шпилек, стягивающих фланцы шарикоподшипников.
3. Выпускают масло из подшипников скольжения.
4. Снимают подшипниковые щиты.
5. Вынимают ротор электродвигателя.

6. Снимают с вала подшипники качения, вытаскивают из щитов втулки или вкладыши подшипников скольжения.
7. Промывают бензином или керосином щиты, подшипники, траверсы, вкладыши, масленки, уплотнения и т. п.
8. Очищают обмотки от пыли или продувают их очищенным сжатым воздухом.
9. Загрязненные обмотки после продувки протирают чистой тряпкой, смоченной в бензине.
10. Производят распайку соединений и вынимают обмотки из пазов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Разборку электродвигателя следует проводить так, чтобы не повредить отдельных деталей. При разборке не разрешается применять слишком больших усилий, резких ударов, пользоваться зубилами.

Туго выворачивающиеся болты смачивают керосином и оставляют на несколько часов, после чего болты ослабляют и выкручивают.

При разборке электродвигателя все мелкие детали складывают в специальный ящик. Каждая деталь электродвигателя должна иметь бирку, на которой указывают номер ремонтируемого электродвигателя. Болты и шпильки после разборки лучше ввернуть на свои места, что предотвратит возможную их утерю.

Шкив, полумуфту и шарикоподшипник снимают с вала при помощи стяжки (**рис. 27.1**). Желательно чтобы стяжка была с тремя скобами.

Конец болта стяжки упирают в торец вала электродвигателя, а концами скоб захватывают края шкива, муфты или внутреннюю обойму подшипника. При вращении болта снимаемая деталь сползает с вала электродвигателя. Нужно следить, чтобы направление усилия совпадало с осью вала, так как иначе возможен перекос, который вызовет повреждение цапфы вала электродвигателя.

Если подобной стяжки нет, то шкив или подшипник снимают с вала электродвигателя легкими ударами молотка через прокладку из твердого дерева или меди. Удары наносят по ступице шкива или внутреннему кольцу подшипника качения равномерно по всей окружности.

Для снятия подшипникового щита электродвигателя отвинчивают болты и легкими ударами молотка через прокладку по выступающим краям щита отделяют его от корпуса.

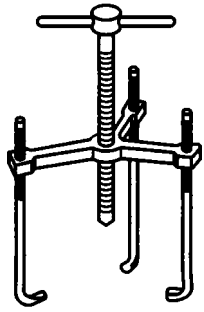


Рис. 27.1. *Стяжка для разборки электродвигателей*

ПРИМЕЧАНИЕ

Чтобы избежать поломок при разборке больших электродвигателей ротор электродвигателя и щит при снятии должны находиться в подвешенном состоянии, что осуществляется с помощью специальных подъемных средств (талей, тельферов и т. д.).

В зазоре между ротором и статором электродвигателя прокладывают картонную прокладку достаточной толщины, на которую при снятии ложится ротор. Это предотвратит возможные повреждения изоляции обмоток электродвигателя.

При разборке небольших электродвигателей ротор вынимают вручную. На один конец вала, обернутый картоном, надевают длинную трубу, при помощи которой осторожно выводят ротор из расточки статора, поддерживая его на весу.

При ремонте подшипников скольжения необходимо вынуть из их подшипникового щита цельную втулку или вкладыш при помощи ударов деревянным молотком через деревянную выколотку. Щит нужно ставить так, чтобы подшипник упирался в эту опору. При другом расположении подшипник может дать трещину. Необходимо также следить за тем, чтобы не повредить смазочных колец.

Снятие деталей, посаженных на вал

Для снятия деталей, посаженных на вал, применяют двух- или трехлапчатые съемники (**рис. 27.2**).

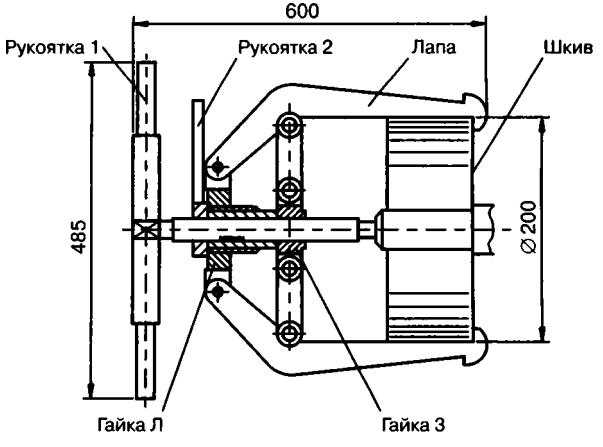


Рис. 27.2. *Эскиз лапчатого съемника*

При снятии шкива лапы съемника накладывают на внешнюю поверхность шкива. Вращая **рукоятку 2**, перемещают **гайку Л** влево, при этом лапы плотно захватывают деталь. Затем, вращая рукоятку, стягивают шкив с вала. Лапы съемника позволяют захватывать детали, а **гайка 3**, которая двигается по резьбовой втулке, — фиксировать положение лап. Тяговое усилие, которое создается ручным съемником, составляет 25—30 кН.

СОВЕТ

Работы, производимые с помощью съемника, желательно выполнять вдвоем: один поддерживает лапы, а второй вращает рукоятку.

Снятие шкивов, шестерен или полумуфт

Для снятия шкивов, шестерен или полумуфт, имеющих аксиальные отверстия, используют съемник (**рис. 27.3**), с которым может работать один рабочий. Траверса съемника с помощью болтов соединяется с демонтируемой деталью. При затяжке винта происходит снятие детали с вала.

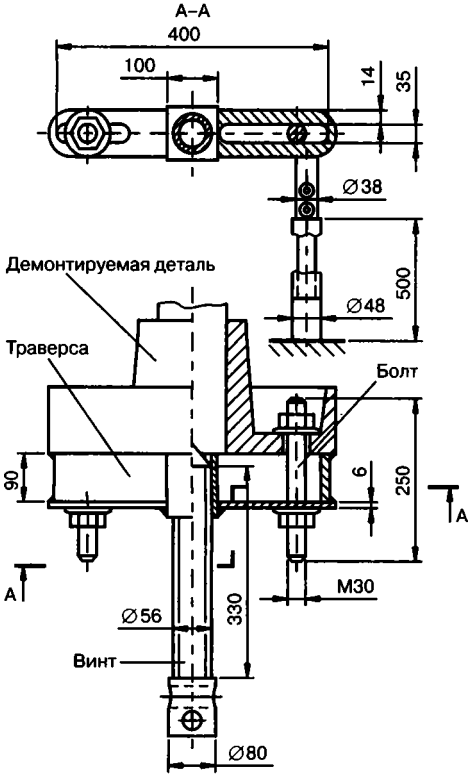


Рис. 27.3. Эскиз съемника с траверсой

Для предотвращения проворачивания ротора при затяжке винта одно плечо траверсы упирается в подставку из рессорных труб. При разборке более крупных деталей применяются **гидросъемники**, в которых усилие создается гидропрессом.

СОВЕТ

В некоторых случаях для облегчения работы детали можно подогреть. Нагрев необходимо вести интенсивно, одной-двумя газовыми горелками, начиная от края детали и постепенно приближаясь к ступице.

Температуру контролируют с помощью оловянного прутка, который начинает плавиться при температуре около 250 °С. Чтобы уменьшить нагрев вала, его обертывают асбестовым картоном, смоченным в воде.

СОВЕТ

Очень эффективно использование токов высокой частоты; при этом вал практически не нагревается.

Разборка асинхронных двигателей мощностью до 100 кВт

Разборку электрических машин малой мощности, например, **асинхронных двигателей мощностью до 100 кВт**, производят в такой последовательности:

- снимают кожух наружного вентилятора и вентилятор (у двигателей закрытого обдуваемого исполнения);
- откручивают болты, которыми прикреплены к станине передний (расположенный со стороны, противоположной приводу) и задний (расположенный со стороны привода) щиты, а также болты, которые крепят крышку подшипников со стороны привода;
- снимают задний щит легкими ударами молотка из мягкого материала — дерева, цветного металла и т. д;
- вынимают ротор из статора, для чего легкими толчками подают ротор в сторону переднего щита и выводят щит из замка. Затем, поддерживая ротор, вынимают его из статора. При этом следят, чтобы не повредились лобовые части обмотки, крылья вентилятора и другие детали;
- снимают передний щит с подшипника, посаженного на вал ротора, легкими ударами молотка из мягкого материала, предварительно открутив болты, которыми крепится подшипниковая крышка.

У **электродвигателей с контактными кольцами** предварительно снимают кожух контактных колец и щетки (при необходимости и подшипники вала), а затем — контактные кольца, для чего отпаивают соединительные хомутики от выводных концов, откручивают болты, которыми крепят отвододержатель (если он предусмотрен по конструкции), снимают с канавки вала стопорное кольцо.

При **съеме подшипниковых щитов машин** мощностью 50 кВт и больше их равномерно отводят отжимными болтами до тех пор, пока они не выйдут из центрирующей заточки станины. Если по конструкции отжимные болты не предусмотрены, щиты снимают винтовыми

или гидравлическими приспособлениями. В некоторых машинах подшипниковый щит выводят с заточки статора рычагом, который вводится в отверстие между торцом станины и краем щита.

ПРИМЕЧАНИЕ

После снятия одного из подшипниковых щитов положение ротора по отношению к статору изменяется: ротор принимает наклонное положение (образуется перекос).

Поэтому перед снятием щита крупных машин под конец вала устанавливают домкрат или ротор подвешивают за конец вала с помощью тали. Затем закладывают в нижнюю часть расточки подкладку из электрокартона и только после этого освобождают конец вала от домкрата или тали.

ВНИМАНИЕ

Одной из ответственных операций является вывод ротора из расточки статора: если статор зацепится за сердечник или обмотку, это может привести к серьезным повреждениям. Масса роторов и якорей крупных машин достигает нескольких тонн, поэтому такую операцию необходимо поручать лицам, которые имеют достаточный опыт такелажных работ.

Выемку роторов и якорей машин малой мощности выполняют вручную, без применения каких-либо приспособлений. Способы и приемы выемки роторов и якорей машин средней и большой мощности зависят от их конструкции, массы, а также от имеющихся подъемных приспособлений.

Широко распространен способ выемки роторов и якорей машин средней мощности с помощью удлинителя — толстостенной трубы, насаженной на конец вала (**рис. 27.4, *а***).

Машину устанавливают в строго горизонтальное положение; строп, длина которого должна быть в 4—5 раз больше длины вала, набрасывают на конец вала и на удлинитель и подвешивают к крюку.

СОВЕТ

Чтобы предотвратить скольжение стропа при натяжении, в случае резкого крена ротора (якоря), строп следует накладывать не на ровную часть вала, а на то место, где имеется ступенька-переход от одного диаметра вала к другому.

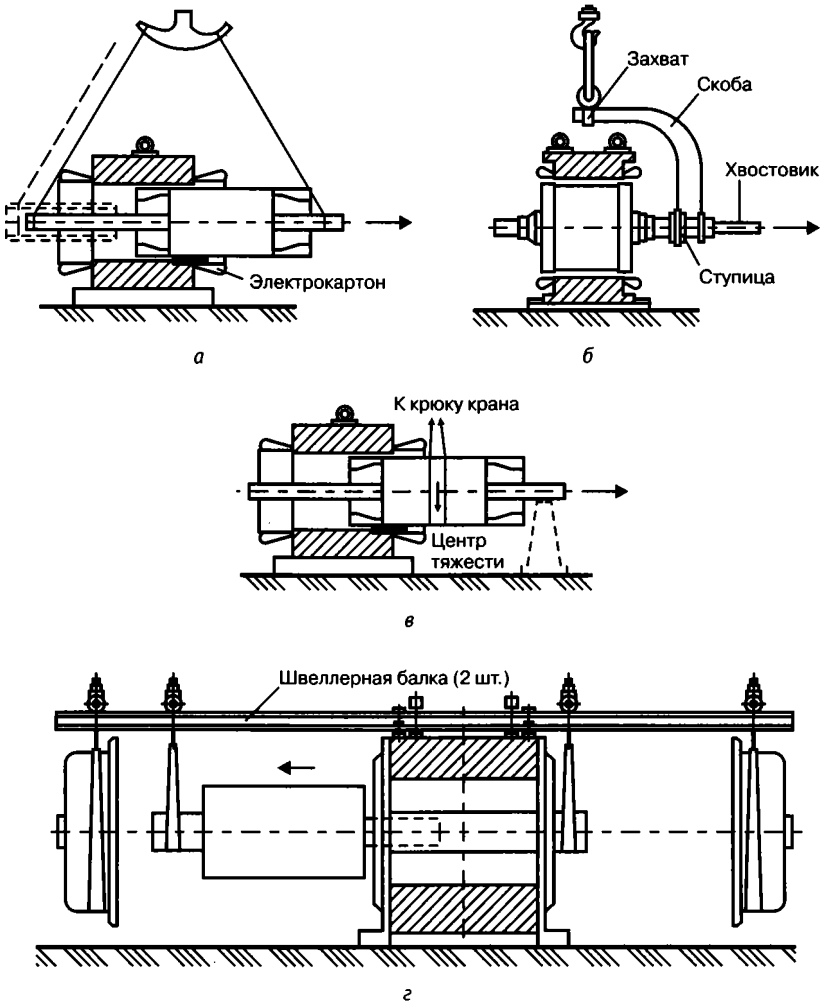


Рис. 27.4. *Способы вывода ротора (якоря) из статора:*
а — с помощью удлинителя из толстостенной трубы; б — с помощью скобы;
в — с помощью уравновешивания массы ротора (якоря); г — с помощью специального приспособления, установленного на станине электрической машины

Для этой же цели к удлинителю приваривают **упорное специальное кольцо**, а подвеску на крюк делают в виде петли-удавки.

ВНИМАНИЕ

Строп не должен находиться на шейке вала, касаться вентилятора, контактных колец, коллектора и обмотки.

Если лобовые части обмотки статора выступают из корпуса, то между стропом и корпусом кладут предохранительный деревянный брусок.

После подвески стропа каждую его ветвь регулируют таким образом, чтобы при пробном натяжении стропа ротор находился в строго горизонтальном положении.

Затем с помощью крана ротор приподнимают и сдвигают в сторону, показанную на **рис. 27.4, *а*** стрелкой, до того положения, пока строп не подойдет близко к лобовой части обмотки статора.

Свободный конец вала опускают на заранее подготовленную шпальную выкладку, а конец ротора со стороны удлинителя — на сердечник статора, защищенный прокладкой из электрокартона (можно использовать также ленточный строп). После этого осуществляют перестропывание, строп набрасывают на крюк и на бочку ротора по центру тяжести ротора (**рис. 27.4, *в***).

СОВЕТ

Центр тяжести легко найти путем перемещения стропа по ротору с последующим натяжением его до такого положения, когда подвешенный ротор будет находиться в строго горизонтальном положении.

После выверки натяжения стропа ротор окончательно выводят из расточки статора. При этом все время проверяют воздушный зазор.

Более точным является **способ выемки ротора при помощи скобы, насаженной ступицей на вал ротора** (**рис. 27.4, *б***). Для выемки ротора захват устанавливают на скобе со ступицей так, чтобы при натяжении троса ротор находился в горизонтальном положении и не касался статора. Небольшую регулировку положения ротора выполняют хвостовиком скобы.

При отсутствии стационарного подъемного приспособления используют переносное, которое устанавливают на корпусе машины (**рис. 27.4, *г***). Оно состоит из двух швеллерных балок, повернутых одна к другой своими широкими сторонами и скрепленных между собой через 40—60 мм болтами с дистанционными втулками.

Для крепления балок используются грузовые болты (рым-болты) станины или отверстия для крепления торцевых щитов к станине. Под длинный конец балок подводят упорную стойку. В промежутке между балками помещают два винтовых домкрата, которые могут перемещаться вдоль нее.

Общая разборка электрических машин постоянного тока серии П

При **общей разборке электрических машин постоянного тока серии П** сначала снимают крышки с коробки выводов и переднего подшипникового щита, отсоединяют проводники, которые связывают щеткодержатели с катушками добавочного полюса, проводники, соединяющие щеткодержатели с контактом в коробке выводов, и вынимают щетки из гнезд щеткодержателей.

Для защиты от механических повреждений коллектор обматывают листом электрокартона и закрепляют лентой или шпагатом. После этого откручивают болты, которые крепят подшипниковые щиты к станине, закручивают отжимные болты в отверстия подшипниковых щитов и выводят бортики последних из расточки станины, одновременно придерживая за конец вала якорь, чтобы избежать его удара о нижний полюс машины.

Затем сдвигают подшипниковые щиты с шарикоподшипников, высовывают якорь из станины в сторону свободного конца вала (вентилятора) и вынимают якорь из станины. Дальнейшая разборка машины зависит от того, какие части будут ремонтировать, а какие заменять.

При общей разборке синхронной электрической машины сначала отсоединяют провода, соединяющие обмотку возбудителя со щеточным аппаратом, откручивают гайки стопорного винта, которыми подшипниковый щит прикреплен к станине, выводят отжимными болтами задний подшипниковый щит из расточки станины и снимают его с капсулы подшипника.

После этого откручивают болты, которыми крепится подшипниковый щит к станине со стороны возбудителя, и выводят его из расточки станины отжимными болтами. Затем опускают ротор на статор, положив предварительно под него лист электрокартона, сдвигают подшипниковый щит вместе с укрепленной на нем станиной возбудителя

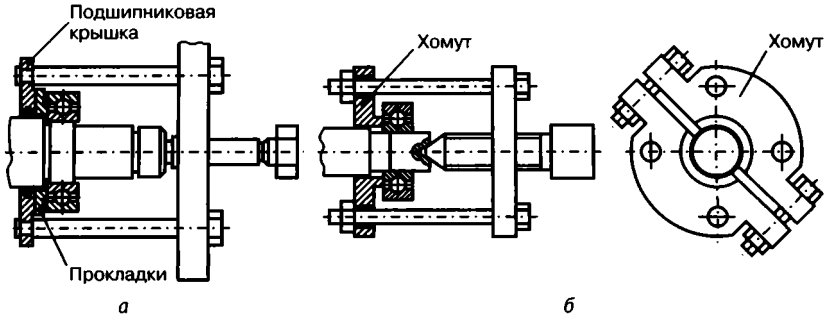


Рис. 27.5. Снятие подшипников с использованием вставок (а) и хомута (б)

с капсулы подшипника и выводят ротор синхронной машины вместе с якорем возбудителя из статора.

При детальной разборке снимают подшипники качения, коллектор, контактные кольца и вентилятор, выпрессовывают вал ротора (якоря) и подшипники скольжения. Ниже приведены виды детальной разборки.

Подшипники качения с вала снимают с помощью съемников (**рис. 27.5**), прикладывая усилие к внутренней обойме. Это можно сделать лапчатым съемником, который имеет глубокие губки.

Подшипники можно снимать также, используя подшипниковые крышки (**рис. 27.5, *а***) и устанавливая между ними и подшипником специальные прокладки, или, если есть место, хомут (**рис. 27.5, *б***).

Применение гидравлических съемников

Часто применяют гидравлические съемники (**рис. 27.6**). При снятии подшипников с вала необходимо принять меры предосторожности, которые исключают повреждение подшипников и вала машины.

В большинстве электрических машин посадка подшипника на вал выполнена с натяжением его внутреннего кольца, поэтому усилие при съеме должно прикладываться к торцу этого кольца. Подшипники, посаженные на вал с большим натягом, снимают с помощью гидравлических съемников.

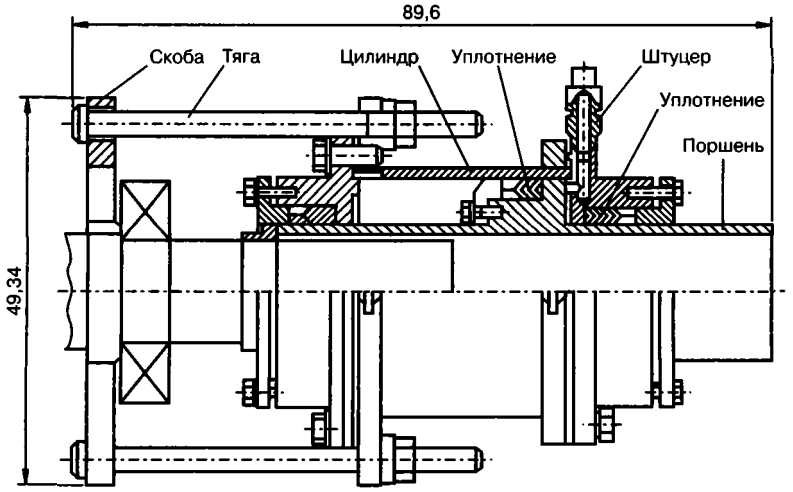


Рис. 27.6. Гидравлический подвесной съемник для снятия подшипников с валов электродвигателей 6–9 габаритов

Коллектор с вала снимают после отсоединения обмотки якоря от пластин коллектора. Тяги съемного приспособления прикладывают только к его втулке или ее крепежным элементам.

Контактные кольца с вала фазного ротора снимают после отсоединения от них выводов обмотки с помощью съемников.

Снятие вентилятора с вала осуществляется при необходимости ремонта или замены вентилятора, вала, обмотки обычными съемниками. При посадке втулки вентилятора с натяжением ее предварительно подогревают.

Выпрессовка вала

Выпрессовку вала (**рис. 27.7**) из сердечника ротора (якоря) выполняют при необходимости перешихтовки сердечника, ремонта или замены вала. Эта операция, требующая приложения больших усилий, осуществляется с помощью гидравлических прессов или домкратов.

ВНИМАНИЕ

При выпрессовке вала необходимо соблюдать следующие требования:

- *опорная поверхность пресса должна быть строго перпендикулярна к оси вала;*
- *направление усилия, которое создается прессом, должно быть совмещено с осью вала;*
- *давление на сердечник с чугунными нажимными шайбами должно передаваться через сменную опорную втулку.*

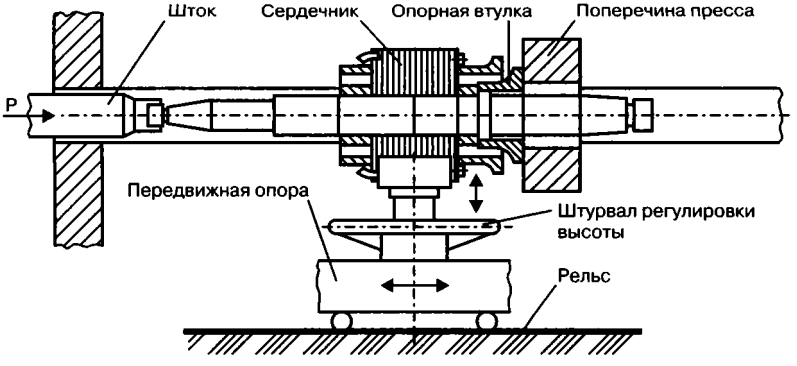


Рис. 27.7. *Схема выпрессовки вала из сердечников ротора*

Выпрессовку подшипников скольжения из корпуса выполняют с помощью вертикального пресса в случае замены, а чаще всего при необходимости перезаливки вкладышей. Подшипники электрических машин небольшой мощности выпрессовывают ударами молотка по деревянной подставке, стремясь не повредить корпус подшипника.

Разборка двигателей на крупных электроремонтных предприятиях

На крупных электроремонтных предприятиях при разборке двигателей 3—9-го габаритов серий А, А2 и двигателей с высотой оси вращения 100—250 мм **серии 4А** используют разборочный конвейер, который оборудован разборочным стендом.

Двигатель устанавливают на конвейер. Отворачивают болты, которые крепят коробку выводов и панель. Снимают кожух наружного вентилятора, внешний вентилятор, болты, крышки подшипников и подшипниковые щиты, пружинные кольца для подшипника.

При разборке машин используют пневматические или электрические гайковерты со сменными головками, гаечные ключи с открытым зевом, торцевые и другие, приспособления для снятия пружин и т. п.

Разборка каждого типа крупного электродвигателя имеет особенности, обусловленные конструкцией, местом установки, наличием грузоподъемных механизмов и др.

Подшипники качения и скольжения, вентилятор, вал и другие детали механической части машины очищают, промывают синтетическими моющими средствами и вытирают.

Статоры и роторы электродвигателей средней и малой мощностей, комплектующие и крепежные детали кладут в корзину (контейнер) и на 10—15 мин опускают в ванну с 1,5—3 %-м раствором кальцинированной соды и затем промывают проточной горячей водой.

Более эффективным является применение **специальных передвижных моечных машин** (**рис. 27.8**), установленных на тележке.

В качестве **моющего средства** используют раствор кальцинированной соды — смесь, состоящую из таких компонентов:

- 3 кг кальцинированной соды;
- 2 кг жидкого стекла;
- 25 кг «Эмульсола»;
- 900 л воды.

Могут применяться и другие жидкости. Моющая жидкость подается из бачка в ванну (с крышкой) с помощью электронасоса и металлической трубы, заканчивающейся шлангом из маслостойкой резины. На

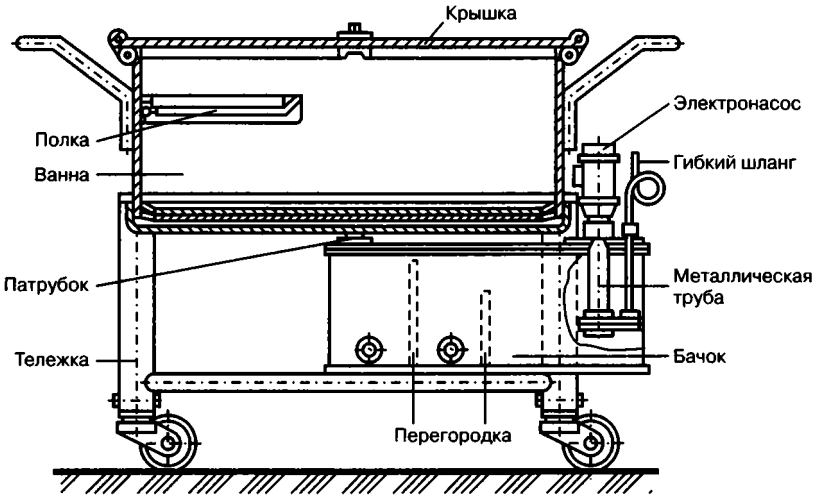


Рис. 27.8. *Передвижная моечная машина ММД-120*

полке размещаются мелкие промываемые детали. Загрязненная моющая жидкость сливается по патрубку в бачок с перегородками, которые образуют в нем отстойник грязи. Процесс мытья составляет 15—20 мин.

Детали электрической части машины тщательно очищают от пыли, грязи и смазочного материала. При необходимости обмотки обдувают сжатым воздухом, обтирают, а затем промывают синтетическими моющими жидкостями, которые наносят на обмотку с помощью пульверизатора.

Очищенные и пригодные для повторного использования детали маркируют, а неисправные отправляют в электроремонтный цех.

ВНИМАНИЕ

При выполнении работ по разборке машины и очистке ее деталей необходимо строго соблюдать правила безопасности, использовать только проверенные тросы и исправные грузоподъемные приспособления, соответствующие массе поднимаемого груза.

При работе с токсичными и легковоспламеняющимися моющими жидкостями следует принимать меры, которые исключают отравление их парами и загорание при соприкосновении с открытым огнем. Для этого используют спецодежду, спецобувь и необходимые средства индивидуальной защиты (очки, перчатки, респираторы и т. п.). При разборке применяют только исправные инструменты и механизмы.

Обмотки достают из пазов наиболее экономичным способом, заботясь о сохранении сердечников. При извлечении обмоток переменного

тока (обмотки статоров, роторов, якорей) отрезают одну лобовую часть на токарных станках или на специальных станках:

- модель СО-3М (для двигателей с высотой оси вращения 50—100 мм);
- модель СЦО-2 (для двигателей с высотой оси вращения 100—180 мм).

Это позволяет повысить производительность труда.

СОВЕТ

При работе на токарном станке, чтобы избежать образования медной стружки и затяжки провода, желательно использовать ножевые резцы или фрезы.

Чтобы достать обмотку из пазов и при этом не повредить сердечник, ослабляют сцепление обмотки с сердечником путем выжигания или размягчения пазовой изоляции.

Способы разрушения изоляции

Первый способ — это **выжигание изоляции.** Оно осуществляется в печи при температуре 400 °С в течение 4—6 ч. Изоляция обугливается и теряет прочность.

ПРИМЕЧАНИЕ

Статор при выжигании изоляции устанавливают горизонтально, иначе может произойти сдвиг сердечника в корпусе.

Статор с алюминиевым корпусом нельзя выжигать (из-за изменения размеров корпуса, ослабления посадки сердечника). При выжигании изоляции роторов необходимо снять контактные кольца.

ВНИМАНИЕ

Увеличивать температуру выше 350 °С нельзя, поскольку при этом может произойти нарушение межлистовой изоляции сердечника и магнитные свойства электротехнической стали ухудшатся.

Печи обеспечиваются вытяжной вентиляцией для отвода образующихся при обугливании изоляции вредных газов, которые в дальней-

шем нейтрализуются или дожигаются. Это существенный недостаток рассмотренного способа.

После извлечения корпуса машины, ротора, якоря их охлаждают до 50—60 °С и вынимают обмотку.

Второй способ разрушения изоляции заключается в том, что сердечник помещают на 6—8 ч в ванну с 10 %-м раствором подогретого до 80—90 °С едкого натра (каустической соды).

После снятия обмотки со статора или ротора сердечники промывают в проточной воде и сушат. Это трудоемкий процесс, требующий большого расхода воды и нейтрализации отработанных растворов, сливать которые в ливневую канализацию нельзя.

Наиболее прогрессивным считается **метод ослабления пазовой изоляции за счет высокочастотного нагревания сердечника**. При этом теплота от сердечника передается:

- от пазовой изоляции через лак, который находится между ними;
- от пазовой изоляции через лак к проводникам.

При интенсивном нагреве температура лака между сердечником и пазовой изоляцией будет выше, чем между пазовой изоляцией и проводниками, а цементирующая способность лака ниже.

Извлечение обмотки

Обмотку из нагретого сердечника извлекают вместе с пазовыми коробочками, оставляя паз чистым. Дополнительные работы по очистке паза почти не требуются.

Высокочастотная установка типа ВЧИ-63/0,44 работает в диапазоне частот 429—451 кГц, ее номинальная мощность 63 кВт, средняя производительность 160 статоров за смену.

В **небольших машинах** обмотку извлекают вручную при помощи крючков, захватывая ее за необрезанную лобовую часть. Со статоров больших размеров обмотку достают на специальных станках. Затем пазы очищают от остатков изоляции, используя напильники. Очищенные сердечники отправляют на мойку.

При извлечении стержней из роторов **асинхронных двигателей с фазным ротором** производят их осмотр, необходимые замеры и результаты заносят в ведомость дефектов.

Определяют параметры бандажей и схемы обмотки (шаги по пазам, начало и конец фаз, переходы), длину вылета лобовых частей и направление изгиба стержней. В процессе разборки на роторе выбивают номера пазов, в которых расположены начало и конец фаз, и переходные стержни.

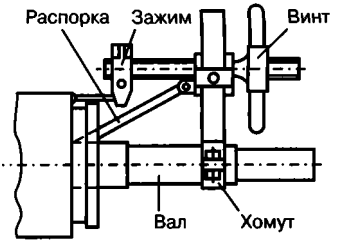


Рис. 27.9. Приспособление для извлечения стержней из пазов ротора

Сначала срезают бандажи из стеклянной нетканой ленты или распаивают бандажи из стальной проволоки. Распайку выполняют электродуговым паяльником. Проволоку сматывают на барабан. Затем распаивают хомутики, которые соединяют концы стержней, снимают их со стержней и зачищают хомутики и стержни от припоя. Специальными ключами разгибают в двух местах стержень. Одним ключом удерживают стержень, а другим разгибают его. Стержни достают из пазов специальным приспособлением (**рис. 27.9**), которое хомутом закрепляют на валу.

Конец стержня закрепляют в зажиме. Вращая винт, вытягивают стержень из паза. Распорка удерживает приспособление от сдвига.

После извлечения верхних стержней достают нижние. Пазы сердечника, нажимные шайбы, обмоткодержатели очищают от старой изоляции. Проверяют исправность пазов, для этого в них кладут один слой электрокартона толщиной 0,1 мм и прогоняют через него клин с учетом толщины гильзы.

По отметкам на картоне определяют неисправные пазы и исправляют их. Стержни отправляют на восстановление изоляции.

Разборка якоря машины постоянного тока

Перед разборкой обмотки якоря машины постоянного тока записывают необходимые данные. Разборку начинают с распайки бандажей и обмотки. Обмотку, соединенную с коллектором сваркой, срезают на токарном станке.

Если обмотка крепилась клиньями в пазах, их выбивают. Сначала достают из пазов верхние стороны катушек, обрезают, снимают изоляцию между слоями и достают нижние стороны катушек.

При этом под катушку заводят киперную или лавсановую ленту и, поднимая ее вверх, вытягивают катушку из паза. По мере необходимости ленты передвигают вдоль катушки. В процессе разборки записывают параметры уравнительных соединений и места их расположения.

Пазы якоря очищают от остатков изоляции, проверяют исправность пазов и отправляют якорь на мойку.

Ремонт катушки

Если состояние изоляции удовлетворительное, но дефект обнаружен в верхней части катушки, его можно исправить. В этом случае снимают бандажи, распаивают или высекают острым зубилом соединения катушки с коллектором и достают одну сторону катушки. Заменяют поврежденную изоляцию и укладывают катушку в паз.

Поврежденный медный провод наваривают медно-фосфорным припоем, зачищают и изолируют. Внимательно осматривают паз. Очень важно найти причину нарушения изоляции.

Высоковольтные обмотки располагаются в открытых пазах, а катушки имеют термопластичную или термореактивную изоляцию. При термопластичной изоляции катушечные группы разъединяют подогревом, используя сварочные генераторы постоянного тока. Форсировать нагрев нельзя, так как изоляция может вспучиться. Поэтому ток нагрева не должен превышать 0,4—0,6 номинального.

Из пазов выбивают клинья и обрезают крепления катушек, при этом стремятся сохранить прокладки. Катушки вынимают из пазов, используя ленты и клинья, которые забивают между верхней и нижней катушкой. Верхние стороны первых катушек, число которых равно шагу обмотки, оставляют в расточке статора, поскольку нижние стороны достать пока невозможно. Следующие катушки достают из верхних и нижних сторон пазов. Нижние стороны первых катушек достают последними. Катушки отправляют на восстановление изоляции и производят дефектацию сердечника.

ПРИМЕЧАНИЕ

Катушки с термореактивной изоляцией достать из пазов рассмотренными выше способами невозможно.

Термореактивная изоляция размягчается в разных растворах и при температуре 350—400 °С. Типовая технология этой операции отсутствует, поэтому ремонт обмоток с термореактивной изоляцией сложный и дорогой.

Порядок сборки электродвигателя

Сборку электродвигателя начинают со сборки отдельных узлов. В подшипниковые щиты запрессовывают: или перезалитые вкладыши; или выточенные заново втулки (**рис. 27.10**).

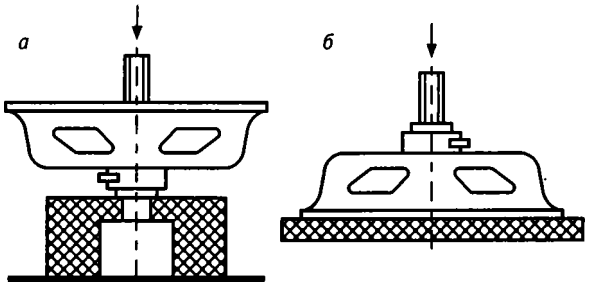


Рис. 27.10. *Установка подшипникового щита электродвигателя при выбивании вкладыша: а – правильная; б – неправильная*

Их надо предварительно пришабрить по валу и выпилить в них по старым размерам канавки для смазки и прорези для смазочных колец.

Вкладыши и втулки запрессовывают в щит при помощи небольшого винтового или гидравлического пресса или осторожными ударами молотка через прокладку. При этих операциях сборки особенно опасны перекосы, которые могут привести к заклиниванию втулок и вкладышей.

Шарикоподшипники необходимо туго посадить на вал. Для облегчения этой операции подшипник нагревают в масляной ванне до температуры 70–75 °С.

При этом подшипник расширяется и легче надевается на вал электродвигателя. При нагревании подшипник не рекомендуется класть на дно ванны, его надо подвешивать на проволоке.

ВНИМАНИЕ

Подогревать подшипник в пламени паяльной лампы не рекомендуется, чтобы не допустить отпуск стали подшипника.

Насаживают подшипник на вал электродвигателя легкими ударами молотка по трубе, упирающейся во внутреннее кольцо подшипника. При дальнейшей сборке наружная обойма подшипника должна быть посажена нормально в гнездо подшипникового щита.

ПРИМЕЧАНИЕ

Слишком тугая посадка может привести к защемлению шариков, а слабая вызовет проворачивание наружной обоймы подшипника в гнезде щита, что недопустимо.

Следующую операцию — **введение ротора в расточку статора** — производят так же, как и при разборке. Затем устанавливают подшип-

никовые щиты, закрепляя их временно болтами. Необходимо, чтобы щиты были установлены на старое место, что проверяют по совпадению меток, нанесенных на корпусе и щите при разборке.

При одевании щитов на вал электродвигателя надо приподнять смазочные кольца подшипников скольжения, иначе они могут быть повреждены валом.

После установки щитов ротор электродвигателя проворачивают вручную. Ротор правильно собранного электродвигателя должен вращаться сравнительно легко.

Тугое вращение вала электродвигателя может быть вызвано:

- неправильной посадкой подшипника качения на вал (малый радиальный зазор);
- недостаточной расшабровкой втулки или вкладыша подшипника скольжения;
- наличием в подшипнике опилок, грязи, засохшего масла;
- перекосами вала;
- обработкой вала или корпуса, не соответствующей посадке;
- увеличенным трением кожаных или войлочных уплотнений о вал.

Затем окончательно затягивают болты подшипниковых щитов, заполняют соответствующей смазкой подшипники качения и закрывают их крышками. В подшипники скольжения заливают масло.

Ротор собранного электродвигателя еще раз проворачивают вручную, проверяют отсутствие задевания вращающихся частей за неподвижные, определяют и подгоняют необходимую величину разбега (осевого перемещения ротора).

После сборки электродвигатель подключают к сети и проверяют при работе вхолостую, а затем он поступает на окончательные испытания.

Корректное использование электродвигателей

Состояние электродвигателей, их пускорегулирующих устройств и защиты должно обеспечивать их надежную работу при пуске и в рабочих режимах.

ВНИМАНИЕ

На электродвигателях и приводимых ими в действие механизмах должны быть нанесены стрелки, указывающие направление вращения.

На электродвигателях и их пусковых устройствах должны быть надписи с наименованием агрегата, к которому они относятся, выполняемые с учетом требований ПТЭ.

Выполнение функций большинства механизмов осуществляется при определенном направлении вращения. Поэтому направление вращения электродвигателя должно быть согласовано с требуемым направлением вращения механизма.

Следует учитывать, что определенное направление вращения для ряда электродвигателей и механизмов является обязательным по условиям охлаждения, смазки подшипников и другим конструктивным особенностям.

ПРИМЕЧАНИЕ

Плотность тракта охлаждения (корпуса электродвигателя, воздуховодов, заслонок) должна периодически проверяться.

Индивидуальные электродвигатели внешних вентиляторов охлаждения должны автоматически включаться и отключаться при включении и отключении основных электродвигателей.

Продуваемые электродвигатели, устанавливаемые в пыльных помещениях и помещениях с повышенной влажностью, должны иметь подвод чистого охлаждающего и сухого воздуха. Данное требование преследует цель обезопасить электродвигатели от интенсивного загрязнения и увлажнения их активных частей.

Опасному воздействию загрязненной и увлажненной среды, в первую очередь, подвергается изоляция обмотки статора. Попадание в электродвигатель пыли резко ухудшает условия его охлаждения, вызывает повышенный нагрев, ускоряющий старение изоляции.

Увлажнение снижает электрическую прочность и вызывает пробой изоляции. Поэтому подвод чистого охлаждающего воздуха по воздуховодам к продуваемым электродвигателям создаст нормальные условия для их работы.

ПРИМЕЧАНИЕ

При перерыве в электропитании продолжительностью до 2,5 с должен быть обеспечен самозапуск электродвигателей ответственных механизмов.

При отключении электродвигателя ответственного механизма от действия защиты и отсутствии резервного электродвигателя допускается повторное включение электродвигателя после внешнего осмотра. Перечень ответственных механизмов должен утверждаться главным энергетиком предприятия.

Целью самозапуска является восстановление нормальной работы электродвигателей после кратковременного перерыва в электропитании, который может быть вызван отключением рабочего источника питания, коротким замыканием во внешней сети и т. п.

После исчезновения питания происходит торможение, т. е. снижение частоты вращения электродвигателей. **Возможность самозапуска** зависит от продолжительности перерыва электропитания:

- чем больше этот перерыв, тем более глубокое торможение претерпевают электродвигатели;
- чем меньше частота их вращения в момент восстановления электропитания, тем больше суммарный ток самозапускающихся электродвигателей.

Этот ток, увеличивая падение напряжения в линии питания, уменьшает начальное напряжение самозапуска, что, в свою очередь, увеличивает время разбега электродвигателей и восстановление производительности механизмов.

Электродвигатели, длительно находящиеся в резерве, должны осматриваться и опробоваться вместе с механизмами по утвержденному графику.

Бесперебойная работа основных агрегатов оборудования во многом зависит от состояния и готовности к работе резервных электродвигателей. Резервные электродвигатели следует рассматривать как работающие.

Надзор за нагрузкой электродвигателей, вибрацией, температурой подшипников и охлаждающего воздуха, уход за подшипниками (поддержание уровня масла) и устройствами подвода воздуха и воды для охлаждения обмоток, а также операции по пуску и останову двигателей осуществляются дежурным персоналом цеха, обслуживающим механизмы.

ONLINE ВИДЕО

Для чего нужен ноль? Почему у трехфазного двигателя нет нуля, и куда девается ток?	*Дед якорь электродвигателя проверял резинкой и мультиметром. Как проверить якорь электродвигателя*	*Диагностика однофазного электродвигателя с пусковой обмоткой*

ONLINE ВИДЕО

1500 и 3000 оборотов, в чем отличие внутри	*Из-за чего сгорают электродвигатели*	*Искрят щетки, как проверить якорь*
Измерение числа оборотов двигателя в домашних условиях	*Измерение числа оборотов двигателя в домашних условиях*	*Имитатор неисправностей асинхронных электродвигателей*
Из-за чего сгорают электродвигатели. Рассмотрим на примере насоса Grundfos 11кВт	*Испытание электродвигателя после ревизии 4АМ355S4 250кВт 1500 об.*	*Как в однофазном электродвигателе с тремя выводами разобраться?*
Электродвигатель. Ревизия перед подключением	*Как определить неисправность электродвигателя мегаомметром*	*Как правильно прозвонить обмотки электромоторов любого типа!*
Как определить рабочую и пусковую обмотку	*Как определить обороты электромотора.*	*Как проверить исправность электродвигателя?*

ONLINE ВИДЕО

Как проверить подшипники асинхронного электродвигателя	*Как проверить трехфазный асинхронный электродвигатель?*	*Как проверить исправность якоря простым способом.*
Настоящий прозвон асинхронного электродвигателя!	*Как проверить якорь и статор в домашних условиях*	*Как найти начало и конец обмоток асинхронного электродвигателя*
Осмотр электродвигателя ДАЗО4-450-8МУ1 (500 кВт, 750 об./мин)	*Подбор рабочего конденсатора к трехфазному электродвигателю*	*Правильный прозвон электродвигателя и неисправности ротора*
Электродвигатель 4МТН225М8. Испытание на холостом ходе	*Расчет мощности двигателя по размерам*	*Определение КЗ витков в статорных обмотках асинхронных моторах*
Проверка обмоток электродвигателя	*Процесс сборки асинхронного двигателя*	*Как электродвигатель проверить мультиметром*

ONLINE ВИДЕО

Проверка сопротивления изоляции обмотки электрического двигателя	*Определение начала и конца обмоток трехфазного электродвигателя*	*Определение схемы обмоток асинхронного электродвигателя*
Проверка асинхронного трехфазного двигателя на КЗ и обрыв обмотки	*Проверка якоря и статора в домашних условиях*	*Определение начал и концов обмоток асинхронного двигателя!*
Проверка сопротивления между обмотками электродвигателя	*Чем отличается асинхронный электродвигатель от синхронного*	*Что будет, если перепутать начало и конец обмотки двигателя*
Прозвонка 3-х фазного электродвигателя на работоспособность	*Разбор электродвигателя. Как устроен электродвигатель*	*Разборка советского электродвигателя. Ускоренная версия*
Расположение контактов трехфазного двигателя	*Ротор – не всегда якорь или «маленький ликбез»*	*Как определить начало и конец обмоток*

ГЛАВА 28

РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРОВ, ЩЕТКОДЕРЖАТЕЛЕЙ И КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ

Основные неисправности коллектора

Коллектор может иметь следующие **неисправности**:

- нарушение геометрической формы;
- замыкание коллекторных пластин;
- выступание межпластиночной изоляции над пластинами;
- износ и оплавление пластин.

ПРИМЕЧАНИЕ

Геометрическая форма коллектора нарушается чаще всего из-за несвоевременного продороживания коллектора.

При этой неисправности на рабочей поверхности коллектора образуется волнистость и повышается радиальное биение. Это происходит в результате неравномерного износа пластин в продольном направлении.

Ремонт коллектора

Для **восстановления формы** коллектор обтачивают на токарном станке, а затем шлифуют и полируют. Обточку выполняют до полной ликвидации дефекта при минимальной подаче (не более 0,05 мм/об.) резцами с пластинами из твердого сплава ВК-6 или ВК-8.

ПРИМЕЧАНИЕ

Скоростью резания должна составлять 1–1,5 м/с, и она не должна превышать номинальную окружную скорость коллектора.

После обточки коллектор продороживают и полируют. На практике обточку и шлифовку выполняют с помощью переносных приспособлений при вращении якоря машины постоянного тока в своих подшипниках (**рис. 28.1**).

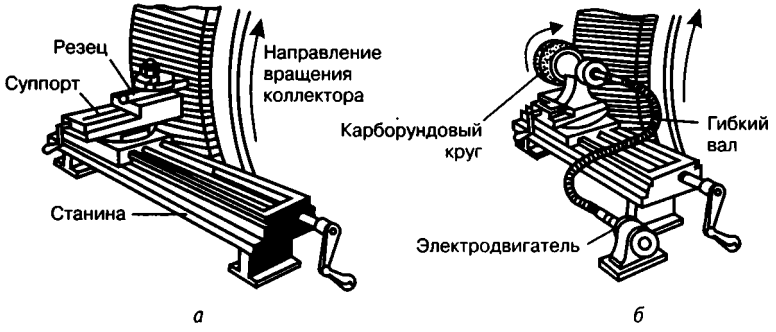


Рис. 28.1. *Переносные приспособления для обточки (а) и шлифовки (б) коллектора*

Шлифовку коллектора производят при номинальной частоте вращения якоря. Полируют коллектор с помощью деревянных брусков из несмолистых пород дерева (бук, клен), которые вставляют в щеткодержатели вместо щеток так, чтобы их волокна были расположены перпендикулярно к коллектору. Полировка способствует более быстрому образованию на поверхности коллектора оксидной пленки, необходимой для хорошей коммутации.

Ремонт коллектора заканчивается **продороживанием**, т. е. прорезанием межпластиночной миканитовой изоляции на глубину 0,5—1,5 мм в зависимости от размеров коллектора.

Продороживание выполняют ручными резаками (**рис. 28.2, *а***) и с помощью специального переносного приспособления ПМР-20К (**рис. 28.2, *б***). Рабочая часть приспособления имеет метрическую шкалу для установки дисковых фрез на размер и шаг коллекторных пластин, а также концентрический зажим, позволяющий регулировать глубину продороживания.

Изоляция прорезается фрезой левого вращения и соответствующей толщины. Продороживание выполняют в защитных очках и одежде, рукава которой должны быть застегнуты.

По окончании продороживания края пластин обрабатывают напильником (снимают заусенцы и скашивают под углом 45°).

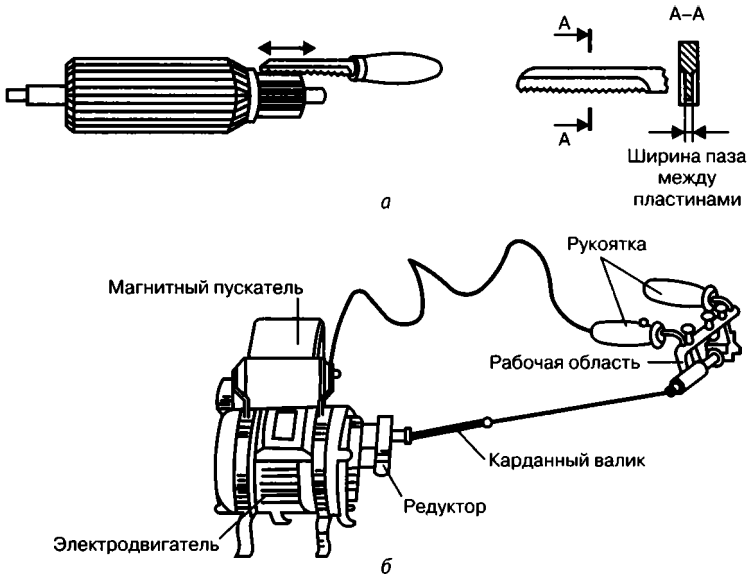


Рис. 28.2. *Приспособления для продороживания коллектора: а – ручной резак; б – переносное устройство для механизированной выборки межпластинной изоляции коллектора*

Поврежденные пластины заменяют с помощью специальных приспособлений.

ПРИМЕЧАНИЕ

Новые пластины должны быть из того же материала и иметь такой же профиль и размеры, что и заменяемые.

Пластины предварительно собирают и спрессовывают с миканитовой изоляцией и между собой, а затем устанавливают на коллектор. После замены пластин коллектор формуют на специальных станках.

При большом числе поврежденных пластин коллектор снимают с вала с помощью специального приспособления (**рис. 28.3**), предварительно отсоединив концы обмотки якоря от пластин или петушков.

Чтобы **снять коллектор**, в его вентиляционные каналы вводят шесть крюков и поворачивают их на 90° так, чтобы они зацепили корпус коллектора. Концы крюков вставляют в отверстия диска, в центре которого нарезана резьба для винта. Вращая винт воротком, снимают коллектор с вала якоря и устанавливают новый коллектор. Заменяют также коллекторы, износ пластин которых составляет:

- 2,5 мм при диаметре коллектора до 100 мм;
- 3,5 мм при диаметре 250—500 мм.

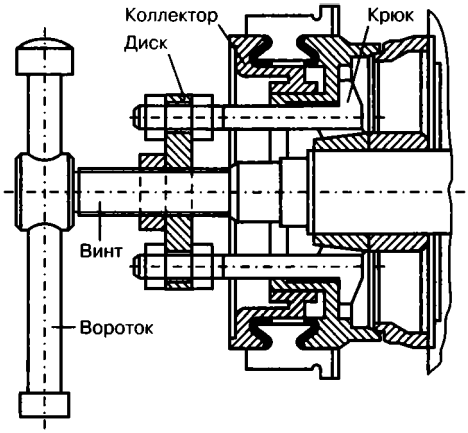


Рис. 28.3. Приспособление для снятия коллектора с вала якоря

Щеточный аппарат электрической машины

Щеточный аппарат электрической машины состоит из щеток, щеткодержателей и щеточных пальцев, которые расположены на поворотной траверсе. Применяют в основном два типа щеткодержателей (**рис. 28.4**):

- радиальные;
- реактивные (наклонные).

ПРИМЕЧАНИЕ

Радиальные щеткодержатели применяют в реверсивных машинах, а наклонные щеткодержатели – в нереверсивных машинах.

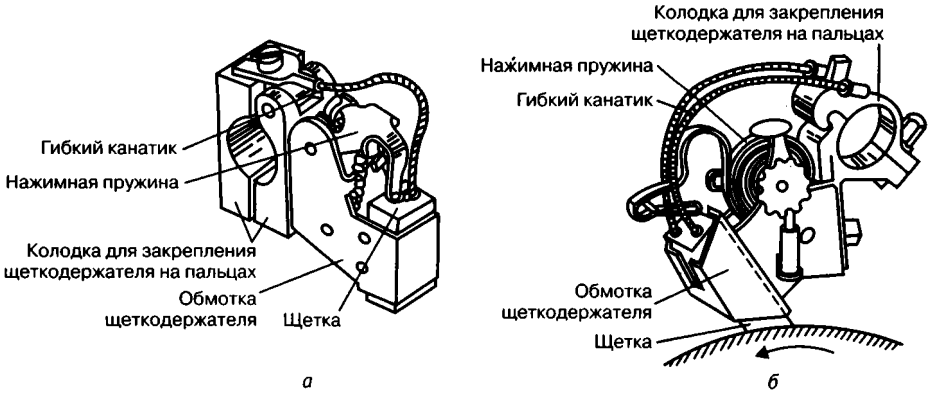


Рис. 28.4. Щеткодержатели радиальные (а) и наклонные (б)

Типовые неисправности щеткодержателей

Наиболее часто встречаются такие **неисправности щеткодержателя**:

- ослабление пружин;
- оплавление;
- механические повреждения.

Первая группа неисправностей. Ослабление пружин устраняют регулировкой, а если это невозможно, пружины заменяют новыми.

СОВЕТ

Для пришлифовки щеток следует применять только мелкозернистую стеклянную бумагу № 00.

Прижимая **мелкозернистую стеклянную бумагу** к поверхности коллектора и держа за концы, протягивают от одного конца до другого, пока щетка не притрется. Бумага должна лежать абразивной поверхностью к щетке (**рис. 28.5**). Таким же способом притирают одновременно группу щеток щеточного пальца или одной полярности.

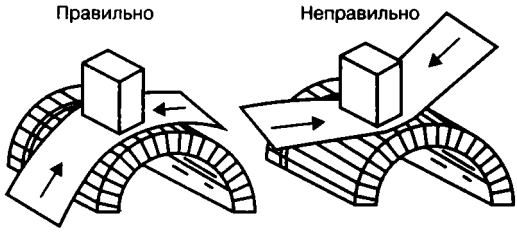


Рис. 28.5. *Притирка щеток стеклянной шкуркой*

Вторая группа неисправностей. Из-за сильного искрения обоймы и другие детали щеткодержателя **оплавляются**:

- при легком оплавлении щеткодержатель очищают от копоти, грязи и нагара;
- при сильном оплавлении щеткодержатель заменяют новым.

Третья группа неисправностей. Механические повреждения щеткодержателя (заусенцы, вогнутость, изгибы) устраняют опиловкой и правкой. Сильно коррозированную обойму заменяют новой.

Затем проверяют правильность сборки и установки щеткодержателей по отношению к коллектору.

ПРИМЕЧАНИЕ

Щетки должны равномерно располагаться по рабочей поверхности коллектора. При этом учитывают, что износ коллектора под щетками разной полярности неодинаковый.

Поэтому щеткодержатели устанавливают так, чтобы щетки двух соседних пальцев разной полярности работали по одному щеточному следу, а следующей пары — по другому следу, т. е. в промежутках между щеточными следами первой пары пальцев.

СОВЕТ

Устанавливая щеткодержатели, нужно следить, чтобы расстояние от обоймы до поверхности коллектора было 2—4 мм. Для свободного перемещения щеток в обоймах между ними должен быть зазор 0,1—0,4 мм в направлении вращения и 0,2—0,5 мм — в направлении оси коллектора.

В контактных кольцах фазных роторов часто **повреждаются рабочая поверхность и изоляция** между кольцами или кольцами и валом. Неравномерный износ контактных колец устраняют проточкой на токарном станке или с помощью приспособления, показанного выше на **рис. 28.1, *а***. При легких повреждениях контактных колец (подгар, царапины и др.) их шлифуют стеклянной шкуркой или с помощью приспособления, изображенного на **рис. 28.1, *б***.

Нарушение изоляции между контактными кольцами восстанавливают, зачищая, промывая и затем окрашивая поврежденные места изоляционной эмалью ГФ-92ХС или ГФ-92ГС. При предельном износе изготавливают новые кольца из чугуна, стали или латуни Л68 и напрессовывают их на вал ротора.

ONLINE ВИДЕО

Такого не делал не один мастер! Как заменить коллектор якоря	*Восстановление токосъемных колец генератора*	*Каждый водитель должен знать, как меняются контактные кольца генератора и что это дает*
Замена контактных – токосъемных колец на роторе генератора	*Замена коллектора ротора генератора BOSCH*	*Нюансы замены токосъемных колец генератора*
Ремонт коллектора электромотора	*Ремонт якоря, «цыганский инструмент»*	*Пайка коллектора (ЗАО «Вольна»)*
Как заменить токосъемные кольца генератора? Подробная инструкция.	*Гальваническое восстановление коллектора электродвигателя*	*Зачем точить коллектор якоря? Польза или вред?*

ГЛАВА 29

РЕМОНТ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Общие сведения

Обмотка является одной из наиболее важных частей электрической машины. Надежность машин в основном определяется качеством обмоток, поэтому к ним предъявляются требования электрической и механической прочности, нагревостойкости, влагостойкости и др.

ВНИМАНИЕ

Все проводники обмотки должны быть изолированы друг от друга и от корпуса машины.

Роль межвитковой изоляции выполняет изоляция самого провода, которая наносится на него в процессе изготовления на заводе.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Изоляция, которая отделяет проводники обмотки от корпуса, называется ***корпусной****.*

Пазы в роторах асинхронных двигателей

Закрытые пазы (**рис. 29.1, *а***) применяют как в фазных, так и в короткозамкнутых роторах асинхронных двигателей. В современных машинах закрытые пазы имеют прорези для уменьшения пазового

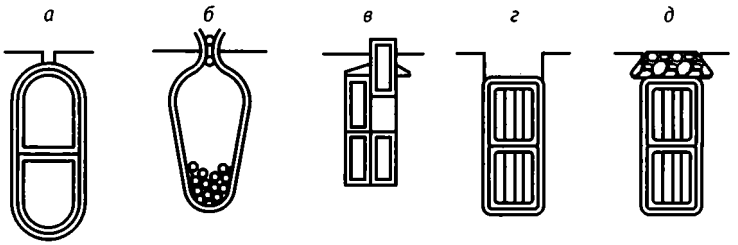


Рис. 29.1. *Разновидности пазов:*
а – закрытый; б – полузакрытый; в – полуоткрытый;
г – открытый с бандажом; д – открытый с клином

рассеяния (эти прорези нельзя использовать для закладывания проводов, поэтому пазы и называются закрытыми). Проводники в такие пазы помещают с торца сердечника.

Полузакрытые пазы (**рис. 29.1, *б***) используют в статорах машин переменного тока мощностью до 100 кВт и напряжением до 660 В, а также в роторах и якорях машин мощностью до 15 кВт.

Проводники обмотки круглого сечения опускают в пазы по одному через узкую прорезь.

Полуоткрытые пазы (**рис. 29.1, *в***) применяют в статорах машин переменного тока мощностью 120—400 кВт и напряжением не выше 660 В. В них укладывают жесткие катушки по две в каждом слое.

Открытые пазы с креплением обмотки **проволочным бандажом** (**рис. 29.1, *г***) используют в якорях машин постоянного тока мощностью до 200 кВт.

Открытые пазы с креплением обмотки клином (**рис. 29.1, *д***) применяются в якорях машин постоянного тока мощностью более 200 кВт, роторах синхронных машин мощностью 15—100 кВт, статорах асинхронных машин мощностью свыше 400 кВт и крупных синхронных машин.

Корпусная изоляция

Корпусная изоляция может быть двух видов:

- гильзовой;
- непрерывной.

При **полуоткрытой** и **открытой** формах паза прямолинейную часть проводов или катушек с гильзовой изоляцией обматывают несколькими слоями изоляционного материала, а для скрепления слоев оплетают изоляционными лентами.

При **полузакрытой** форме паза гильзы из нескольких слоев помещают в пазы перед укладкой обмотки. Гильзовая изоляция простая в исполнении и занимает мало места в пазу.

ПРИМЕЧАНИЕ

Ее можно применять в машинах с рабочим напряжением не выше 660 В, так как на стыках между гильзами и ленточной изоляцией лобовых частей катушек может быть пробой изоляции.

Обмотки всех машин напряжением выше 1000 В имеют **сплошную изоляцию**. В этом случае катушки или стержни обмоток оплетают изоляционной лентой по всему контуру. Материал ленты подбирают в зависимости от класса нагревостойкости обмотки, количество слоев определяется рабочим напряжением машины.

Существует несколько способов **обматывания проводников** и **катушек обмотки** с изоляционной лентой.

Способ 1. Обматывание лентой вразбежку (**рис. 29.2, *а***) — изоляционный слой не образуется, поэтому этот способ применяется только для стягивания витков катушки или удерживания слоев гильзовой изоляции.

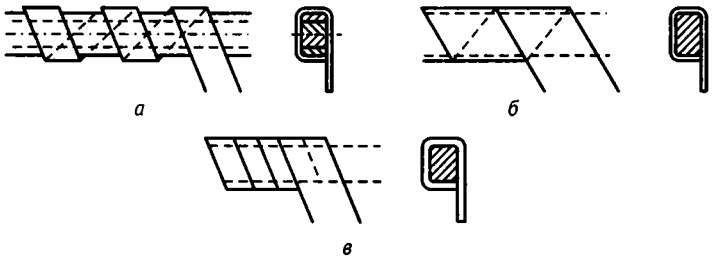


Рис. 29.2. *Способы изоляции:*
а – вразбежку; б – встык; в – внахлестку

Способ 2. Обматывание лентой встык (**рис. 29.2, *б***) — непрерывный слой изоляции не получается, так как в местах стыков могут быть оголенные участки катушки. Такое изолирование применяют только для защиты пазовых частей катушки.

Способ 3. Обматывание лентой внахлестку (**рис. 29.2, *в***) — образуется основная изоляция катушки или стержня. При этом перекрывают предыдущий виток ленты на 1/3, 1/2 или 2/3 ее ширины. Чаще всего применяют перекрытие на 1/2 ширины ленты. При этом действительная толщина изоляции получается вдвое больше расчетной.

Кроме межвитковой и корпусной изоляции катушек в обмотках применяют **дополнительные изоляционные прокладки**:

- на дне паза;
- между слоями обмоток;
- под проволочными бандажами;
- между лобовыми частями.

ПРИМЕЧАНИЕ

Эти прокладки изготавливают из электрокартона, лаковой ткани и изоляционных пленок, а в машинах с нагревостойкой изоляцией – из стеклоткани, микафолия, гибкого миканита и т. д.

Нагревостойкость изоляции является одним из важнейших ее свойств. В зависимости от этого параметра изоляционные материалы разделяют **на семь классов**: Y (90 °С), A (105 °С), E (120 °С), B (130 °С), F (155 °С), H (180 °С), C (более 180 °С).

Диэлектрические свойства изоляции характеризуются:

- электрической прочностью;
- величиной электрических потерь.

Высокой электрической прочностью обладают материалы на основе слюды.

ПРИМЕР

Электрическая прочность микаленты в зависимости от марки и толщины составляет 16–20 кВ/мм, непропитанной хлопчатобумажной ленты – только 6 кВ/мм, а стеклоленты – 4 кВ/мм.

Электрическая прочность изоляционных материалов может значительно снизиться в результате деформаций при изготовлении обмоток. После пропитки соответствующими растворами электрическая и механическая прочность некоторых изоляционных материалов повышается.

Провода для обмоток электрических машин

Для обмоток электрических машин применяют:

- провода с волокнистой, эмалевой и комбинированной изоляцией;
- голые провода круглого, прямоугольного и фасонного сечений.

Провода с эмалевой изоляцией круглого и прямоугольного сечений все в большей степени используются вместо проводов с волокнистой изоляцией, так как эмалевая изоляция более тонкая, чем волокнистая.

Структура обмоток электрических машин

Обмотка электрической машины состоит из трех элементов: витков; катушек; катушечных групп.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Виток *– два последовательно соединенных между собой проводника, размещенных под соседними разноименными полюсами.*

Виток может состоять из нескольких параллельных проводников. Число витков зависит от номинального напряжения машины, а площадь сечения проводников — от ее тока.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Катушка *– несколько витков, уложенных соответствующими сторонами в два паза и соединенных между собой последовательно.*

Части катушки, которые лежат в пазах сердечников, называют **пазовыми** или **активными**, а размещенные за пазами — **лобовыми**.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Шаг катушки *– число пазовых делений, заключенных между центрами пазов, в которые укладываются стороны витка или катушки.*

Шаг катушки может быть двух типов:

- диаметральным называют шаг, равный полюсному делению;
- укороченным называют шаг, несколько меньший диаметрального шага.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Катушечная группа *– это несколько последовательно соединенных катушек одной фазы, стороны которых лежат под двумя соседними полюсами.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Обмотка *– несколько катушечных групп, уложенных в пазы и соединенных по определенной схеме.*

Обмотки электрических машин разделяют на три группы:

- петлевые;
- волновые;
- комбинированные.

По способу заполнения паза они могут быть однослойными и двухслойными:

- при **однослойной обмотке** сторона катушки занимает весь паз по его высоте;
- при **двухслойной обмотке** сторона катушки занимает только половину, а вторую его половину заполняет соответствующая сторона другой катушки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Основным типом статорной обмотки асинхронных машин является двухслойная обмотка с укороченным шагом. Однослойные обмотки применяются только в электродвигателях малых габаритов.

Схемы обмоток

На **рис. 29.3** показаны развернутая и фронтальная (торцевая) схемы двухслойной трехфазной обмотки. Стороны катушек в пазовой части обозначают двумя линиями — сплошной и штриховой.

Сплошной линией изображают сторону катушки, которая уложена в верхнюю часть паза, а **штриховой** — нижнюю сторону катушки, уложенной на дно паза. В разрывах вертикальных линий указывают номера пазов сердечника. Нижний и верхний слои лобовых частей изображают соответственно штриховыми и сплошными линиями.

Начала первой, второй и третьей фаз обозначают **C/1, VI, W1**, по ГОСТу, а концы этих фаз — соответственно, **C/2, V2, W2** (ГОСТ 2.709-89).

На схеме указывается вид обмотки, а также даются ее **параметры**:

- **z** — число пазов;
- **2p** — число полюсов;
- **y** — шаг обмотки по пазам;
- **a** — число пар параллельных ветвей в фазе;
- **т** — число фаз;
- **способ соединения фаз** (Y — «звездой», A — «треугольником»).

Обмотки статоров выполняют однослойными и двухслойными. Намотку однослойных обмоток осуществляют механизированным способом на специальных станках.

Однослойные обмотки имеют разную форму, а лобовые части одной катушечной группы — одинаковую форму, но разные размеры (**рис. 29.4**). Чтобы уложить обмотку в пазы сердечника статора, лобовые части катушек располагают по окружности в два или три ряда.

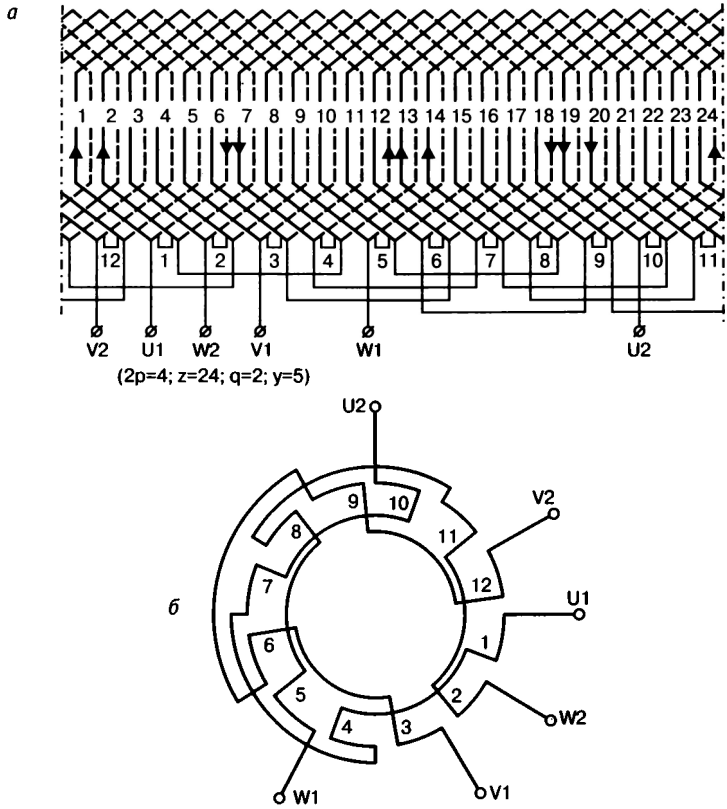


Рис. 29.3. *Схемы двухслойной трехфазной обмотки:*
а – развернутая; б – торцевая

Наиболее распространены однослойные двух- и трехплоскостные обмотки (лобовые части обмотки располагаются на двух или трех уровнях).

Роторы асинхронных двигателей

Роторы асинхронных двигателей выполняют с короткозамкнутой или фазной обмоткой. **Короткозамкнутые обмотки** электрических машин старых конструкций изготовлялись в виде «беличьей клетки» из медных стержней, концы которых были запаяны в отверстиях, высверленных в медных короткозамкнутых кольцах.

В современных асинхронных электрических машинах мощностью до 100 кВт короткозамкнутую обмотку ротора образуют заливкой его пазов расплавленным алюминием.

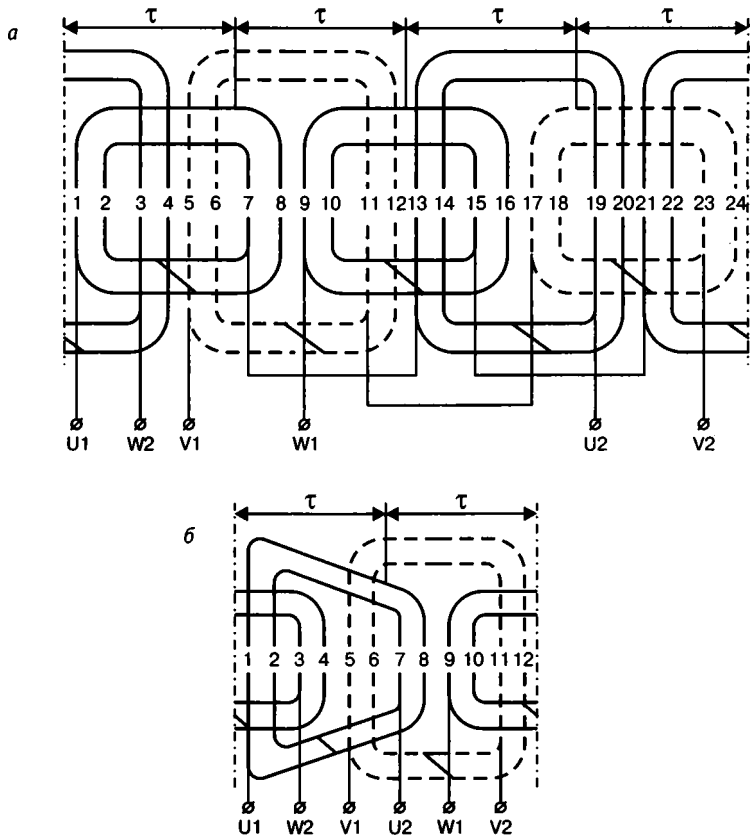


Рис. 29.4. *Схемы однослойных двухплоскостных обмоток (z=24, p=2):*
а – с четным числом пар полюсов; б – с нечетным числом пар полюсов

В **фазных роторах** асинхронных двигателей чаще всего применяют волновые или петлевые обмотки. Наиболее распространены волновые обмотки, преимущество которых заключается в минимальном числе межгрупповых соединений. Основным элементом волновой обмотки является обычный **стержень**. Двухслойную волновую обмотку выполняют, вставляя с торца ротора в каждый его закрытый или полузакрытый паз по два стержня.

Схема волновой обмотки четырехполюсного ротора, который имеет 24 паза, показана на **рис. 29.5, *а***. Шаг волновой обмотки равен числу пазов, разделенных на число полюсов. Для схемы, изображенной на **рис. 29.5, *а***, он будет равен 6. Это означает, что верхний стержень паза подходит к нижнему стержню паза 7, который при шаге обмотки, равном 6, соединяется с верхним стержнем паза 13 и нижним стержнем паза 19. Для продолжения обмотки шагом, равным 6, необходимо соединить нижний стержень паза 19 с верхним стержнем паза 1, а значит,

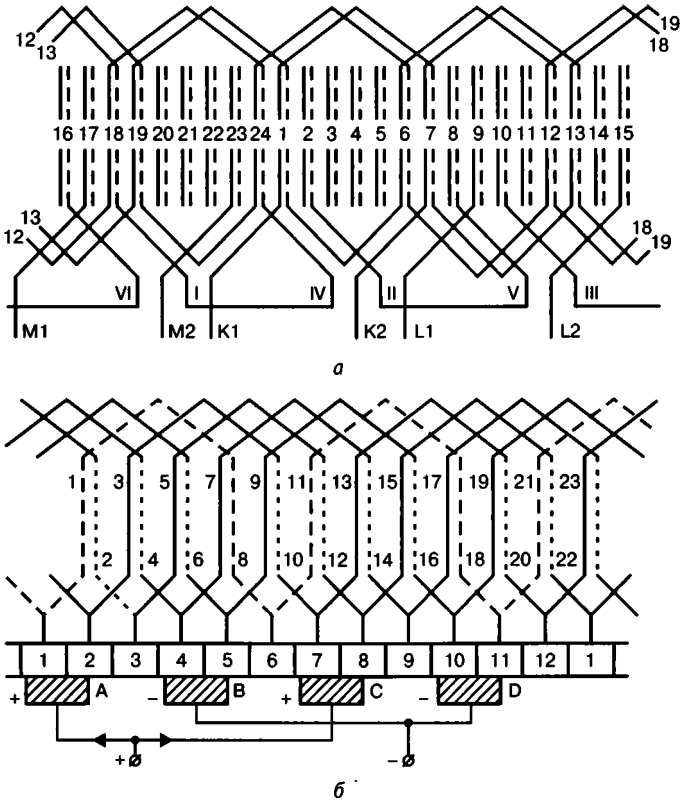


Рис. 29.5. Волновые обмотки:
а – ротора; б – якоря.

замкнуть обмотку, что недопустимо. Чтобы избежать этого, укорачивают или удлиняют шаг обмотки на один паз.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Волновые обмотки с укороченным шагом на один паз называют ***обмотками с укороченными переходами****, а с увеличенным шагом на один паз –* ***обмотками с удлиненными переходами****.*

На схеме обмотки число пазов на полюс и фазу равно двум, поэтому необходимо сделать два обхода ротора, а для образования четырехполюсной обмотки не хватает соединений с противоположной стороны ротора, которые можно получить при его обходе, но уже в обратном направлении.

В **волновых обмотках** различают:

- передний шаг обмотки со стороны выводов (контактных колец);

- задний шаг обмотки со стороны, противоположной контактным кольцам.

Обход ротора в обратном направлении, в данном случае переход на задний шаг, достигается соединением нижнего стержня паза 18 с нижним стержнем, который отстает от него на один шаг.

Далее делается два обхода ротора. Продолжая обход ротора задним шагом, нижний стержень паза 12 соединяют с верхним стержнем паза 6. Дальнейшие соединения делают так. Нижний стержень паза 1 соединяют с верхним стержнем паза 19, который (как видно из схемы) соединяется с нижним стержнем паза 13, а тот, в свою очередь, с верхним стержнем паза 7. Второй конец верхнего стержня этого паза идет на вывод, образуя конец первой фазы.

Обмотки фазных роторов асинхронных двигателей соединяют преимущественно «звездой» с выводом трех концов обмотки к контактным кольцам. Выводы (начала) обмотки ротора обозначают K1, L1, Ml, а концы — соответственно K2, L2, M2.

Перемычки, которые соединяют начала и концы фаз обмотки ротора, указывают римскими цифрами, например, в первой фазе перемычка, которая соединяет начало K и конец K2, обозначена I-IV, L1 и L2 — II-V, Ml и M2 — III-VI.

Для якорей машин постоянного тока применяют петлевые и волновые обмотки. Простая волновая обмотка якоря (**рис. 29.5, *б***) получается соединением выводных концов секции с двумя коллекторными пластинами AC и BD, расстояние между которыми определяется двойным полюсным делением (2т). При выполнении обмотки конец последней секции первого обхода соединяют с началом секции, соседней с той, от которой был начат обход, и далее продолжают обходы по якорю и коллектору, пока не будут заполнены все пазы и не замкнется обмотка.

Подготовка обмоток к ремонту

Ремонт обмоток выполняется специально обученными рабочими на обмоточных участках ремонтного подразделения или предприятия. **Подготовка машин к ремонту** заключается в подборе обмоточных проводов, изоляционных, пропиточных и вспомогательных материалов. Перечень материалов, необходимых для ремонта обмоток, заносят в эксплуатационную документацию электрической машины.

Для выявления замыканий в обмотке между витками одной катушки или проводами разных фаз используют специальные приборы. Определив характер неисправности обмотки, начинают ее ремонт.

Технология капитального ремонта обмоток электрических машин включает следующие основные операции:

- разборку обмотки;
- очистку пазов сердечника от старой изоляции;
- ремонт сердечника и механической части машины;
- очистку катушек обмотки от старой изоляции;
- подготовительные операции для изготовления обмотки;
- изготовление катушек обмотки;
- изолирование сердечника и обмоткодержателей;
- укладывание обмотки в паз;
- пайку соединений обмотки;
- крепление обмотки в пазах;
- сушку и пропитку обмотки.

Ремонт обмоток статоров

Изготовление обмотки статора начинают с намотки отдельных катушек на шаблоне. Чтобы правильно выбрать размер шаблона, необходимо знать основные размеры катушек, главным образом их прямолинейной и лобовой частей. Размеры катушек обмотки демонтируемых машин определяют путем замеров старой обмотки.

Катушки всыпных обмоток статоров изготавливают обычно на универсальных шаблонах (**рис. 29.6**). Такой шаблон представляет собой **стальную плиту**, которая при помощи приваренной к ней **втулки** соединяется со шпинделем намоточного станка. Плита имеет форму трапеции. В ее прорези установлены четыре **шпильки**, закрепленные

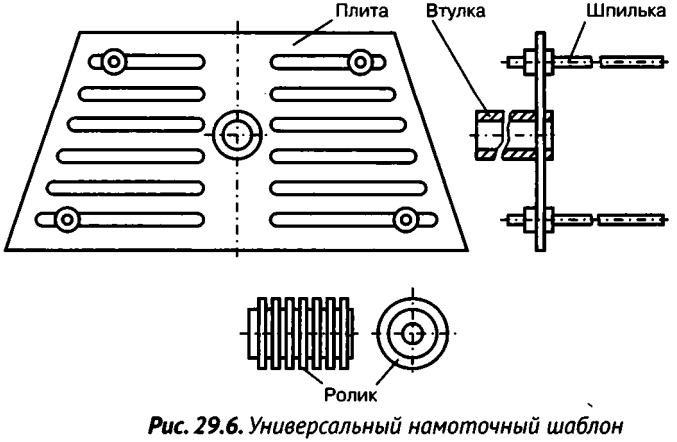


Рис. 29.6. Универсальный намоточный шаблон

гайками. При намотке катушек разной длины шпильки перемещают в прорезях. При намотке катушек разной ширины шпильки переставляют с одних прорезей в другие.

В обмотках статора машин переменного тока обычно несколько соседних катушек соединяют последовательно, и они образуют **катушечную группу**. Чтобы избежать лишних паяных соединений, все катушки одной катушечной группы наматывают цельным проводом. Поэтому на **шпильки** надевают **ролики**, выточенные из текстолита или алюминия.

Число желобков на ролике равно наибольшему числу катушек в катушечной группе, размеры желобков должны быть такими, чтобы в них могли поместиться все проводники катушки.

Иногда при ремонте обмоток двигателей приходится заменять отсутствующие провода проводами других марок и сечений. По тем же причинам вместо намотки катушки одним проводом используют намотку двумя (и более) параллельными проводами, суммарное сечение которых эквивалентно требуемому.

ПРИМЕЧАНИЕ

При замене проводов ремонтируемых двигателей предварительно (до намотки катушек) проверяют коэффициент заполнения паза, который должен быть 0,7–0,75.

Катушки двухслойной обмотки укладывают в пазы сердечника группами так, как они были намотаны на шаблоне. Провода распределяют в один слой и укладывают катушки нижними сторонами (которые прилегают к пазу). Другие стороны катушек не укладывают в пазы до тех пор, пока не будут уложены катушки нижними сторонами во все пазы.

Следующие катушки кладут одновременно верхними и нижними сторонами. Между верхними и нижними сторонами катушек в пазах устанавливают изоляционные прокладки из электрокартона, согнутого в виде скобочки. Между лобовыми частями устанавливают изоляционные прокладки из лакоткани или листов картона с наклеенными на них кусочками лакоткани.

При ремонте **электрических машин старых конструкций с закрытыми пазами** рекомендуется до начала демонтажа обмотки:

- снять ее реальные обмоточные данные (диаметр провода, количество проводов в пазу, шаг обмотки по пазам и др.);
- сделать эскизы лобовых частей и отмаркировать пазы статора (эти данные могут понадобиться при восстановлении обмотки).

Намотку впротяжку обычно производят два обмотчика, которые стоят с двух сторон статора. Изоляцию лобовых частей обмотки машин на напряжение до 660 В, предназначенных для работы в нормальной среде, выполняют стеклолентой ЛЭС, причем каждый следующий слой полуперекрывает предыдущий. Каждую катушку группы обматывают, начиная от торца сердечника. Сначала обматывают лентой часть изоляционной гильзы, которая выступает из паза, а затем часть катушки до конца выгиба. Середины головок группы обматывают стеклолентой вполнахлестку.

Конец ленты закрепляют на головке клеем или плотно пришивают к ней. Провода обмотки, которые лежат в пазу, удерживают с помощью пазовых клиньев, изготавливаемых из бука, березы, пластмассы, текстолита или гетинакса.

Клин (**рис. 29.7**) должен быть на 10—15 мм длиннее сердечника и на 2—3 мм короче пазовой изоляции и толщиной не менее 2 мм. Для влагоустойчивости деревянные клинья «варят» 3—4 ч в олифе при 120—140 °С.

Клинья **забивают**:

- в пазы средних и малых машин молотком и с помощью деревянной надставки;
- в пазы крупных машин — пневматическим молотком.

Затем собирают **схему обмотки**. Если фаза обмотки намотана отдельными катушками, их последовательно соединяют в катушечные группы.

За начало фаз принимают выводы катушечных групп, которые выходят из пазов, расположенных около выводного щитка. Эти выводы отгибают к корпусу статора и предварительно соединяют катушечные группы каждой фазы, скручивают зачищенные от изоляции концы проводов катушечных групп.

После сборки схемы обмотки проверяют электрическую прочность изоляции между фазами и на корпус, а также правильность ее соединения. Для этого используют **самый простой способ** — кратко-

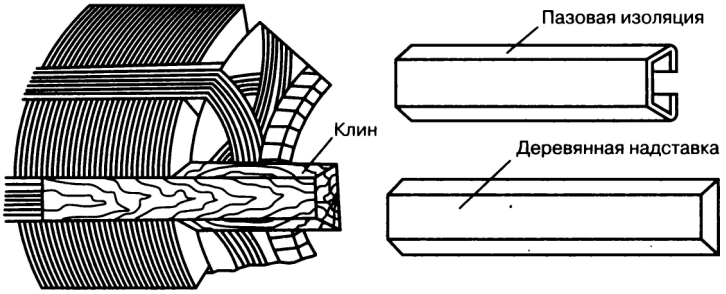


Рис. 29.7. Приспособления для забивки клиньев в пазы

временно подключают статор к сети (127 или 220 В), а затем к поверхности его расточки прикладывают стальной шарик (от шарикоподшипника) и отпускают его.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если шарик вращается по окружности расточки, значит, схема собрана правильно.

Такую проверку можно также осуществить с помощью **вертушки**. В центре диска из жести пробивают отверстие, укрепляют его гвоздем на торце деревянной планки, а затем эту вертушку помещают в расточку статора, который подключен к электрической сети.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если схема собрана правильно, диск будет вращаться.

Правильность сборки схемы и отсутствие витковых замыканий в обмотках ремонтируемых машин проверяют также **электронным аппаратом Ел-1**. Две одинаковые обмотки или секции соединяют с аппаратом, а затем с помощью синхронного переключателя подают периодически импульсы напряжения на электронно-лучевую трубку аппарата. Если в обмотках нет повреждений, кривые напряжений на экране накладываются одна на другую, при наличии же дефектов они раздваиваются.

Для **обнаружения пазов, в которых находятся короткозамкнутые витки**, используют приспособление с двумя П-образными электромагнитами на 100 и 2000 витков. Катушку неподвижного электромагнита (100 витков) соединяют с выводами **«Вых. имп.»** аппарата, а катушку подвижного электромагнита (2000 витков) — с выводами **«Сигн. явл.»**. При этом средняя ручка должна быть поставлена в крайнее левое положение **«Работа с приспособлением»**.

Если переставить оба электромагнита приспособления с паза на паз по расточке статора, на экране появится прямая или кривая линия с малыми амплитудами, которая свидетельствует об отсутствии в пазу короткозамкнутых витков. В противном случае на экране будут кривые линии с большими амплитудами.

Аналогично находят короткозамкнутые витки в обмотке фазного ротора или якоря машин постоянного тока.

Ремонт обмоток роторов

В асинхронных двигателях с фазным ротором используют **два основных типа обмоток**:

- катушечную;
- стержневую.

Изготовление всыпных и протяжных катушечных обмоток роторов почти не отличается от изготовления таких же обмоток статоров.

В машинах мощностью до 100 кВт применяют преимущественно стержневые двухслойные волновые обмотки роторов. В них повреждаются не сами стержни, а их изоляция (в результате частых чрезмерных нагревов), а также пазовая изоляция роторов.

Обычно медные стержни поврежденной обмотки используют повторно, поэтому после восстановления изоляции их кладут в те же пазы, в которых они находились до ремонта.

Сборка стержневой обмотки ротора состоит из трех основных операций:

- укладки стержней в пазы сердечника ротора;
- изгибания лобовых частей стержней;
- соединения стержней верхнего и нижнего рядов пайкой или сваркой.

Изолированные стержни, которые используются повторно, поступают на укладку в пазы только с одной согнутой лобовой частью. Другие концы этих стержней изгибают специальными ключами после укладки в пазы.

Алгоритм дальнейших действий следующий. Сначала кладут в пазы стержни нижнего ряда, вставляя их со стороны, противоположной контактным кольцам. Уложив весь нижний ряд стержней, их прямые участки помещают на дно пазов, а согнутые лобовые части — на изолированный обмоткодержатель. Концы согнутых лобовых частей сильно стягивают временным бандажом из мягкой стальной проволоки, плотно прижимая их к обмоткодержателю.

Второй временный бандаж из проволоки наматывают на середины лобовых частей. Временные бандажи служат для предотвращения сдвига стержней при дальнейшем их изгибании. Стержни изгибают с помощью двух специальных ключей (**рис. 29.8**).

После укладки стержней нижнего ряда переходят к укладке стержней верхнего ряда обмотки, вставляя их в пазы со стороны, противоположной контактным кольцам. Потом кладут временные бандажи. Концы стержней соединяют медной проволокой для проверки отсутствия замыкания на корпус. Если результаты испытаний положительные, продолжают сборку обмотки, концы верхних стержней изгибают в

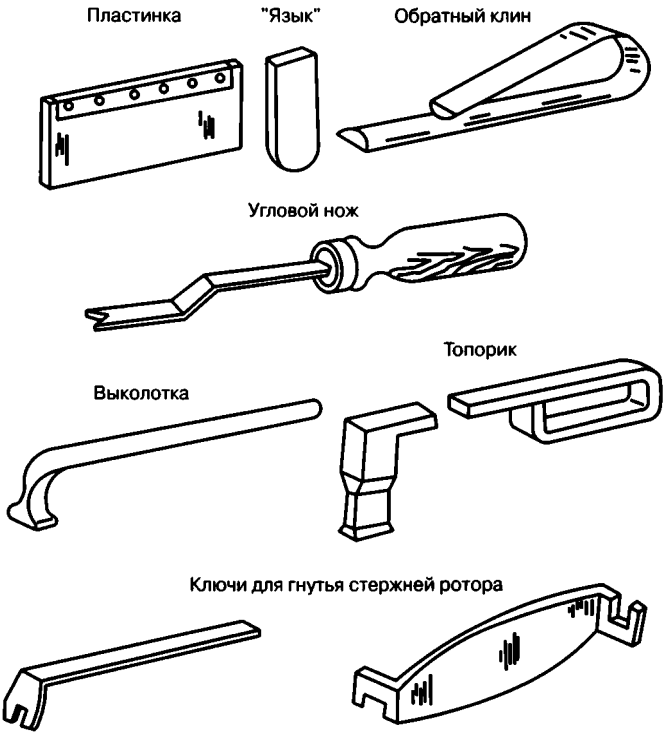


Рис. 29.8. Набор специальных инструментов обмотчика электрических машин

противоположную сторону. Согнутые лобовые части верхних стержней также крепят двумя временными бандажами.

После укладки стержней верхнего и нижнего рядов обмотку ротора сушат при 80—100 °С в печи или сушильном шкафу. Затем испытывают изоляцию высушенной обмотки.

Конечными операциями изготовления стержневой обмотки ротора ремонтируемой машины является:

- соединение стержней;
- забивание клиньев в пазы;
- бандажирование обмотки.

СОВЕТ

Для повышения надежности машин желательно применять соединение стержней пайкой твердыми припоями.

Обмотки фазных роторов асинхронных двигателей соединяют преимущественно «звездой».

Большинство асинхронных двигателей мощностью до 100 кВт изготавливается с короткозамкнутым ротором, который выполняют из алюминия методом литья.

Ремонт литого ротора с поврежденным стержнем состоит из перезаливки его после выплавки алюминия и очистки пазов. Для этой цели используют кокили.

На крупных электроремонтных заводах короткозамкнутые роторы заливают алюминием центробежным или вибрационным способом, а также используют литье под давлением.

Ремонт обмоток якорей

Основные **неисправности обмоток якорей**:

- соединение обмотки с корпусом;
- межвитковые замыкания;
- обрывы в обмотках;
- механические повреждения паек.

При подготовке якоря к ремонту снимают старые бандажи, отпаивают соединения с коллектором, удаляют старую обмотку, предварительно записав все необходимые для ремонта данные.

В машинах постоянного тока применяют стержневые и шаблонные обмотки якорей. Стержневые обмотки якорей выполняют так же, как и **стержневые обмотки роторов.**

Для намотки секций шаблонной обмотки используют изолированные провода, а также медные шины, которые изолируют лакотканью или миколентой. Секции шаблонной обмотки наматывают на универсальных шаблонах, которые позволяют делать обмотку, а затем растяжку небольшой секции, не снимая ее с шаблона.

Растяжку секций якорей крупных машин выполняют на специальных станках с машинным приводом. Перед растяжкой секцию закрепляют, временно обматывая ее хлопчатобумажной лентой в один слой, чтобы обеспечить правильное формирование секции при растяжении.

Катушки шаблонных обмоток изолируют вручную или на специальных станках.

ПРИМЕЧАНИЕ

При укладке шаблонной обмотки в паз нужно следить, чтобы концы катушки, которые повернуты к коллектору, а также расстояния от края сердечника до перехода прямой (пазовой) части в лобовую были одинаковые.

После укладки всей обмотки провода обмотки якоря подсоединяют к пластинам коллектора пайкой с использованием припоя ПОС 30.

Качество пайки проверяют следующими способами:

- внешним осмотром;
- измерением переходного сопротивления между соседними пластинами;
- пропусканием рабочего тока по обмотке якоря.

ПРИМЕЧАНИЕ

При качественной пайке переходное сопротивление между всеми парами пластин должно быть одинаковым. При пропускании по обмотке якоря в течение 20–30 мин номинального тока не должно возникать местных нагревов.

Ремонт катушек полюсов

Чаще всего поврежденными оказываются катушки добавочных полюсов, которые намотаны прямоугольной медной шиной плазом или на ребро.

ПРИМЕЧАНИЕ

Обычно повреждается изоляция между витками катушки.

При ремонте катушку перематывают на намоточном станке, а затем изолируют на изолировочном станке. Изолированную катушку стягивают хлопчатобумажной лентой и прессуют. Для этого надевают на оправку торцевую изоляционную шайбу, кладут на нее катушку и накрывают второй шайбой.

Затем сжимают катушку на оправке, присоединяют к сварочному трансформатору, нагревают до 120 °С и, сжимая ее, снова прессуют, после чего охлаждают в запрессованном положении на оправке до 25 °С. Снятую с оправки охлажденную катушку покрывают лаком воздушной сушки и выдерживают в течение 10—12 ч при 20—25 °С.

Наружную поверхность катушки изолируют асбестовой, а затем миканитовой лентой и покрывают лаком. Готовую катушку надевают на добавочный полюс и крепят деревянными клиньями.

ONLINE ВИДЕО

Перемотка электродвигателя 15 кВ 1500 об/мин.	*Почему после перемотки электродвигатель долго не работает*	*Схема перемотки электродвигателя Citycoco*
Перемотка электродвигателя	*Перемотка электродвигателя 1500 об/мин.*	*Правильная схема перемотки моторов*
Процесс перемотки электродвигателя 5,5 кВ 1000 об/мин. Для начинающих	*Процесс перемотки электродвигателя 7,5 кВт 750 об/мин.*	*Перемотка электродвигателя своими руками. Двигатель 3 кВт. 1500 об/мин.*

ГЛАВА 30

РЕМОНТ СЕРДЕЧНИКОВ, ВАЛОВ И ВЕНТИЛЯТОРОВ

Основные неисправности сердечников

Существуют следующие **неисправности сердечников**:

- ослабление прессовки пакетов и посадки пакетов стали;
- распушение торцевых пакетов стали;
- оплавление отдельных участков стали;
- нарушение межлистовой изоляции.

Ослабление прессовки вызывает специфический шум, а иногда и вибрацию машины, что может привести к повреждению изоляции в зубцовой зоне. Степень прессовки определяют с помощью контрольного ножа (толщина лезвия составляет 0,1—0,23 мм).

При удовлетворительной запрессовке стали лезвие ножа при сильном нажиме рукой не должно входить между листами более чем на 1—3 мм. Ослабление прессовки чаще всего наблюдается в зубцовой зоне роторов и статоров, поэтому в этих местах плотно забивают текстолитовые или гетинаксовые клинья, размеры которых соответствуют размерам зубца. При этом клинья должны располагаться на 2—3 мм ниже поверхности стали. Клинья покрывают лаком или клеем БФ-2, а соответствующий участок сердечника — масляно-битумным лаком БТ-99.

Если **прессовка стали ослабла по всему сердечнику ротора** или якоря, снимают нажимную плиту с сердечника, накладывают по его концам листы текстолита или асбеста, имеющие форму листов стали, снова устанавливают нажимную шайбу, прессуют сердечник и закрепляют шайбу.

Ремонт торцевых пакетов сердечника осуществляют путем установки дополнительной нажимной шайбы с зубцами (**рис. 30.1, *а***).

Рис. 30.1. *Ремонт сердечников роторов и статоров:*
а – установка дополнительной нажимной шайбы с зубцами;
б – установка заполнителя вместо вырубленного зубца сердечника

Сплавленные между собой листы высекают, а затем в образовавшуюся щель заливают лак БТ-99, кладут между листами пластинки из слюды толщиной 0,05 мм и покрывают этим же лаком. Если площадь повреждений значительная, высеченные зубцы заменяют заполнителем из стеклотекстолита (**рис. 30.1, *б***). Заполнитель промазывают клеем БФ-2 и плотно укладывают между обмоткой и сталью.

При больших повреждениях сердечник подвергают перешихтовке, состоящей из следующих операций:

- расшихтовки;
- переизоляции листов активной стали;
- шихтовки;
- прессовки и испытания.

ПРИМЕЧАНИЕ

На ремонтных предприятиях перешихтовку сердечника выполняют редко, так как это очень дорогая и трудоемкая работа. Гораздо дешевле изготовить новый сердечник.

Основные неисправности валов

При эксплуатации электрических машин часто повреждаются валы. К наиболее характерным **повреждениям валов** относятся:

- износ посадочных поверхностей шеек валов;
- искривление;
- поломка.

ПРИМЕЧАНИЕ

Повреждения посадочных поверхностей составляют свыше 50 % общего числа повреждений валов ремонтируемых электрических машин. Они возникают в результате частых снятий и посадок деталей.

Посадочные поверхности валов ремонтируют тремя способами:

- шлифовкой;
- электронаплавлением металла;
- металлизацией.

Если площадь повреждений превышает 20 % посадочной поверхности, вал перетачивают на меньший диаметр или наплавляют слой металла, а затем обрабатывают до требуемого размера на токарном станке.

Стоимость изготовления вала для электрических машин мощностью до 100 кВт относительно невысокая. Сложными и дорогими являются операции выпрессовки поврежденного и запрессовки нового вала.

Правку искривленного вала выполняют на валоправочном стенде типа ВС-450.

Сломанный вал восстанавливают привариванием надставки или напрессовкой отломавшейся части.

Основные неисправности вентиляторов

Охлаждение электрических машин выполняется **литыми, клепаными или сварными вентиляторами**. Повреждения литого или сварного вентилятора чаще всего происходят во время разборки и сборки машины.

В клепаных вентиляторах слабым местом являются участки выгиба лопастей. При ремонте таких вентиляторов повреждения устраняют путем приваривания лопастей.

Очищенную поверхность отремонтированного вентилятора покрывают двумя слоями лака. Перед установкой вентилятора на ротор его подвергают балансировке.

ГЛАВА 31

РЕМОНТ СТАНИН, ПОДШИПНИКОВЫХ ЩИТОВ И ПОДШИПНИКОВ

Основные неисправности станин

Если в станинах и подшипниковых щитах появляются трещины, их заваривают, отломанные детали приваривают, изношенные посадочные поверхности восстанавливают.

Трещины в чугуне заваривают:

- биметаллическими электродами (преимущественно в горячем состоянии) ацетилено-кислородным пламенем;
- медными или металлическими электродами (в холодном состоянии).

Отломанные детали (чаще всего лапы станин и борта подшипниковых щитов) приваривают.

Восстанавливают изношенные посадочные поверхности подшипниковых щитов в местах посадки подшипников качения. Подшипниковый щит растачивают на больший диаметр и запрессовывают в него стальную втулку, которую затем растачивают до требуемого размера.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если место посадки подшипника в подшипниковом щите нельзя расточить до требуемого размера, изношенные посадочные поверхности восстанавливают методом металлизации.

В случае **повреждения резьбы** в отверстии станины:

- отверстие рассверливают;
- увеличивают диаметр;
- закручивают в отверстие резьбовую пробку с внутренней резьбой требуемых диаметра и шага.

Основные неисправности подшипников

В электрических машинах применяют:

- подшипники качения;
- подшипники скольжения.

В современных машинах используют главным образом **шариковые** и **роликовые** подшипники качения, которые просты в эксплуатации и легко заменяются при повреждении. Подшипники скольжения применяют в основном в крупных электрических машинах, а также в случаях, когда требуется снизить уровень шума.

При ремонте электрических машин проверяют состояние и степень износа подшипников качения (**рис. 31.1, *а*, *б***). Подшипники промывают, а затем закладывают в них консистентную смазку УТВ (универсальную тугоплавкую водостойкую) или ЦИАТИМ-201, которая представляет собой смесь минерального масла и мыла.

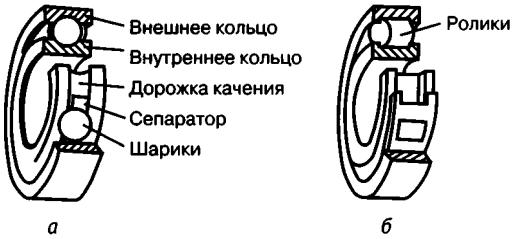


Рис. 31.1. *Устройство шарикового (а) и роликового (б) подшипников качения*

Нередко в подшипниках качения оказываются поврежденными поверхности **шариков** или **роликов** и **дорожек качения**. Степень износа подшипников качения определяют путем измерения радиальных и аксиальных (осевых) зазоров с помощью специальных приспособлений.

Для измерения радиального зазора подшипник устанавливают на вертикальной плите приспособления с основанием. Затем, положив на внутреннее кольцо подшипника стальную планку, закрепляют его гайкой, накрученной на стержень, который приварен к вертикальной плите.

ПРИМЕЧАНИЕ

При этом внешнее кольцо подшипника должно свободно вращаться.

Радиальный зазор определяют индикатором, укрепленным на держателе стойки, по результатам трех измерений, которые делают при

повороте внешнего кольца подшипника на 120° после первого и второго измерений.

При измерении осевого зазора подшипник кладут на два металлических бруска так, чтобы его внутреннее кольцо свободно провисало. Затем, положив на это кольцо стальную планку, опускают индикатор до соприкосновения его наконечника с планкой.

Осевой зазор определяют по показанию стрелки индикатора, прижимая к брускам внешнее кольцо подшипника и одновременно смещая вверх внутреннее кольцо.

ПРИМЕЧАНИЕ

Зазор Н подшипников качения электрических машин мощностью до 100 кВт не должен превышать 0,5 мм.

Замена изношенных подшипников новыми

Новые подшипники качения ставят в следующих случаях:

- при больших радиальных и аксиальных зазорах;
- при повреждении отдельных деталей или частей (разрушение сепаратора, шариков или роликов, выкрашивание металла на дорожках качения);
- если имеются не подлежащие исправлению повреждения, сколы или трещины на кольцах, сепараторах, шариках (роликах);
- если имеются забоина или вогнутость на поверхности дорожек качения;
- цвета побежалости на поверхности колец, сепараторов, шариков (роликов);
- появились царапины или глубокие риски, расположенные поперек пути качения шариков (роликов);
- если стук и не прекращающийся после промывки шум подшипников;
- появились забоины или вогнутость на поверхности сепаратора;
- имеются явные следы шариков (роликов) на дорожках качения и др.

Посадка подшипников с нагревом в масляной ванне

При посадке подшипников качения на вал обычно его предварительно нагревают до 80—90 °С в масляной ванне (**рис. 31.2, *а***), которая состоит из:

- внутреннего резервуара;
- подъемной корзины с решетчатым дном;
- нагревательных элементов, уложенных в керамическую плиту;
- воздушного распределительного устройства, с помощью которого поднимают и опускают корзину;
- кармана для установки термометра контроля температуры нагрева масла;
- сливной трубы для выпуска масла из ванны.

Сверху корзина прикрыта двумя крышками. Задняя крышка закреплена наглухо, а передняя — откидная. Корзину поднимают с помощью пневмоцилиндра двустороннего действия, подвешенного к каркасу ванны. Для уменьшения потерь теплоты пространство между стенками корпуса заполнено изоляционной набивкой из асбеста.

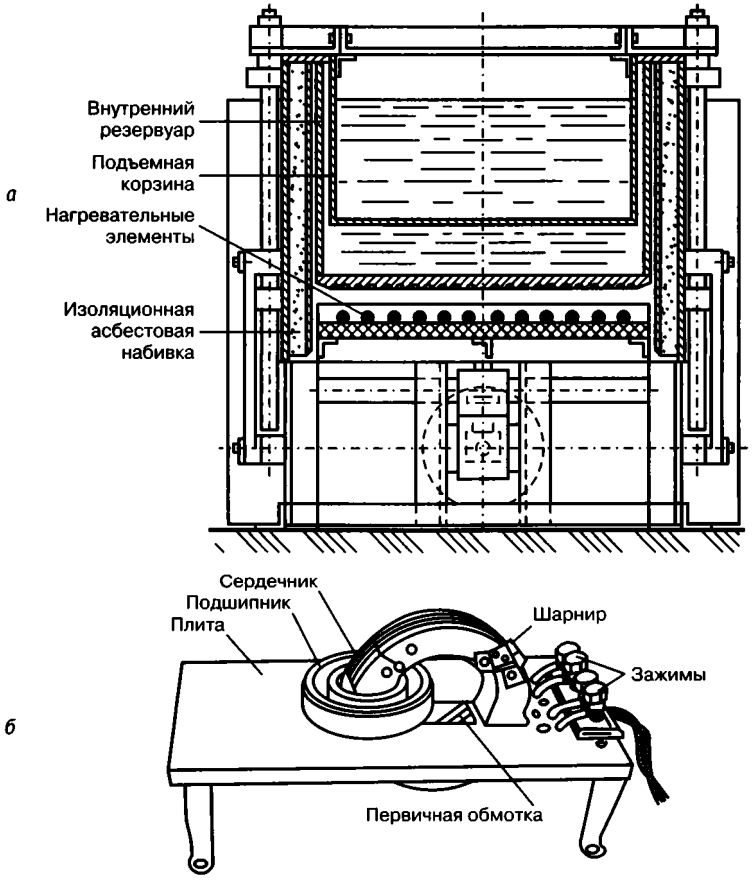


Рис. 31.2. *Приспособления для нагрева подшипников качения при посадке на вал электрической машины:*
а – масляная ванна; б – аппарат индукционного нагрева

ВНИМАНИЕ

При подогревании подшипников в ванне нужно внимательно следить за показаниями термометра, так как при температуре более 130 °С может загореться трансформаторное масло.

Однако нагревание подшипников в масляной ванне имеет ряд **недостатков**:

- масляные ванны громоздкие;
- для них требуется постоянный контроль чистоты масла, чтобы подшипники не загрязнились;
- подшипники нагреваются долго и неравномерно.

ВНИМАНИЕ

Персонал должен строго соблюдать правила безопасности, иначе масло может загореться, что приведет к ожогу или пожару.

Метод индукционного нагревания подшипников

Метод индукционного нагревания подшипников качения не имеет недостатков предыдущего метода. **Аппарат индукционного нагрева** (**рис. 31.2, *б***) включает в себя:

- плиту;
- кольцеподобный разъемный сердечник, набраный из листов трансформаторной стали.

Один сектор сердечника закреплен на латунном шарнире и откидывается при установке подшипника для нагревания в аппарате. Сердечник аппарата можно изготовить из сердечников поврежденных трансформаторов тока.

На нижнюю часть сердечника намотана первичная обмотка с отпайками на 100, 150 и 200 витков. Концы обмотки выведены к зажимам. Вторичной обмоткой аппарата служат кольца подшипника.

Питание на первичную обмотку подается от стандартного переносного трансформатора напряжением 380—220 / 36—12 В и мощностью 250 Вт. При прохождении по первичной обмотке ток индуцируется в кольцах подшипника и нагревает их до 80—90 °С. Температуру определяют термометром или термосвечой.

В аппарате нагревают подшипники нескольких размеров в зависимости от размеров сердечника и мощности трансформатора.

ПРИМЕЧАНИЕ

Нагрев подшипников индукционным методом происходит примерно в 3 раза быстрее, чем в масляной ванне.

Насадка подшипников на вал

С помощью надставки нагретый подшипник насаживают на вал электрической машины (**рис. 31.3, *а***) вручную. Надставка состоит из сферической заглушки, надетой на отрезок трубы.

ПРИМЕЧАНИЕ

Диаметр трубы должен быть равен диаметру средней части кольца подшипника.

Участок вала, на который насаживается подшипник, тщательно начищают от заусенцев, а потом промывают и вытирают насухо.

Насадку подшипника на вал и в расточку подшипникового щита (**рис. 31.3, *б***) осуществляют с помощью надставки и металлической шайбы. Поверхность расточки щита предварительно обрабатывают так же, как место насадки подшипника на вал.

СОВЕТ

При механизированной насадке подшипников можно использовать универсальный пневмогидравлический пресс, который позволяет повысить производительность труда почти в 4 раза!

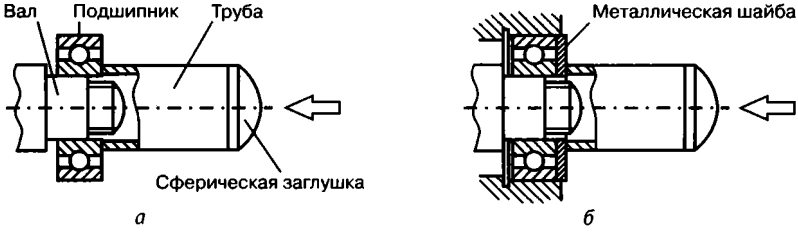


Рис. 31.3. *Насадка подшипников качения:*
а – на вал; б – на вал и в расточку подшипникового щита

Устройство подшипников скольжения

Подшипники скольжения электрических машин встроены в подшипниковые щиты или закреплены в стойках, которые устанавливаются на общем со станиной машины фундаменте. Выполняют эти подшипники в виде сплошной или составной втулки, которая имеет две половинки (вкладыши) с горизонтальным разъемом. Внутренняя поверхность втулки покрыта слоем антифрикционного сплава баббита. В подшипниках скольжения применяют преимущественно кольцевую систему смазывания.

Подшипник скольжения (**рис. 31.4**) с кольцевой системой смазывания, встроенный в подшипниковый щит электродвигателя, имеет чугунную втулку, которая состоит из двух вкладышей. Втулка уставовлена в корпусе и закреплена винтом.

В прорезь втулки вставляют смазочное кольцо, изготовляемое для асинхронных двигателей из стали, а для машин постоянного тока из латуни или бронзы, чтобы избежать прилипания кольца в результате намагничивания.

Верхняя часть кольца лежит на расположенном в прорези участке шейки вала, а нижняя в масле, которое находится в камере подшипника. При вращении вала начинает вращаться и смазочное кольцо, масло налипает на него и подается к шейке вала, откуда попадает в распределительную смазочную канавку и растекается по втулке.

Между втулкой и шейкой вала имеется зазор, величина которого зависит от диаметра и частоты вращения вала. Масло, подаваемое вра-

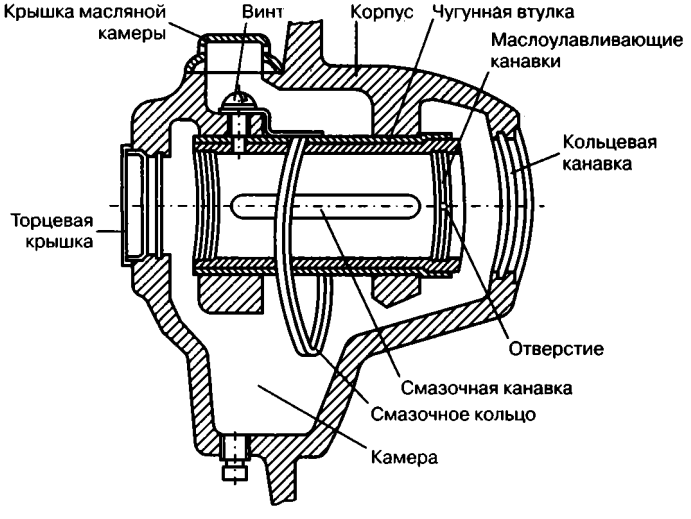


Рис. 31.4. Подшипник скольжения

щающимся кольцом, попадает в зазор между шейкой вала и внутренней поверхностью втулки.

В результате этого шейка вала всплывает и во время работы двигателя вращается на масляной пленке. При этом возникает так называемое жидкостное трение, которое значительно снижает коэффициент трения, поэтому подшипник может работать длительное время без интенсивного изнашивания.

Для предотвращения растекания масла вдоль вала на втулке имеются **маслоулавливающие канавки**, которые соединяются с камерой отверстиями. Распределительная смазочная канавка не соединяется канавками. В противном случае масло не попадало бы в зазор между шейкой вала и втулкой, а циркулировало бы по канавкам.

Чтобы масло с подшипника не попадало на обмотку и внутренние части двигателя, в корпусе подшипника имеется кольцевая канавка, в которую помещают уплотнительную фетровую шайбу. Отверстие в конце корпуса подшипника закрыто торцевой крышкой. Смазочное кольцо вкладывают в подшипник через окно, закрытое крышкой масляной камеры.

Ремонт подшипников скольжения

Подшипники скольжения ремонтируют чаще всего из-за износа, отслоения или выкрашивания слоя баббита, выплавления баббита в результате нагрева при сверхдопустимой температуре.

ПРИМЕЧАНИЕ

Дефекты вкладышей выявляют внешним осмотром и по звуку при простукивании молоточком: если слой баббита хорошо сохранился, звук будет чистым и звонким, а если отслоился — дребезжащим и глухим.

Чтобы найти **трещины в баббите вкладыша**, его опускают на 10—15 мин в керосин, затем вытирают насухо и покрывают тонким слоем мела, разведенного в воде. В результате трещины четко вырисовываются на покрытой мелом поверхности. Обнаруженные дефекты ликвидируются путем **перезаливки баббита**.

Ремонт подшипников в этом случае включает:

- подготовительные работы;
- заливку;
- механическую обработку;
- пригоночные работы.

Предварительно вкладыши очищают от грязи и масла, промывая в 10 %-м растворе каустической соды, и освобождают от баббита путем выплавления. Подогрев осуществляют паяльной лампой или в электрических печах при 380—400 °С. Вкладыши обезжиривают, опуская их на 1—3 мин в 10 %-й раствор каустической соды, нагретой до 70—80 °С, а затем промывают в горячей воде и вытирают насухо.

Обезжиренные вкладыши **готовят под заливку баббитом** одним из следующих способов:

- очистка внутренней поверхности стальными проволочными щетками до металлического блеска;
- пескоструйная очистка внутренней поверхности и последующая металлизация;
- очистка и облуживание внутренней поверхности.

Подготовленные под заливку вкладыши скрепляют хомутиками.

Подшипники скольжения электрических машин мощностью до 100 кВт общепромышленного применения заливают баббитом преимущественно марки Б-16 или БН. При небольших объемах баббит плавят в тиглях, а при больших — в индукционных печах.

СОВЕТ

*В процессе заливки баббита во вкладыши нужно следить, чтобы его струя была равномерной и не прерывалась (**рис. 31.5**).*

При большом числе подшипников используют **центробежную заливку**, которая обеспечивает минимальный расход баббита за счет снижения припуска для обработки, высокую плотность слоя баббита и прочное сцепление его с внутренней поверхностью вкладышей.

Разъемные вкладыши подшипников после заливки разбирают, места соединения очищают, между половинками вкладыша устанавливают регулировочные медные прокладки толщиной 0,8—1,2 мм.

Обе половинки вместе с прокладками закрепляют хомутом и растачивают подшипник. Затем прорезают смазочные (маслораспределительные) канавки и пришабривают подшипник к валу.

С помощью щупа проверяют зазор между шейкой вала и рабочей поверхностью подшипника.

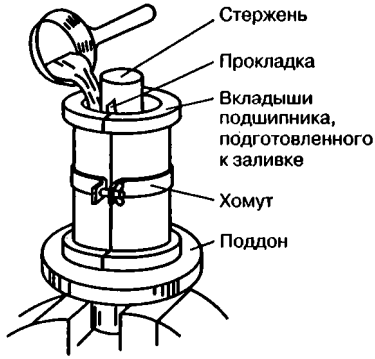


Рис. 31.5. Ручная заливка баббитом подшипника скольжения

В электрических машинах с частотой вращения более 1000 об/мин и подшипниками скольжения с кольцевой смазкой допустимые зазоры между шейкой вала и подшипником должны составлять:

0,12—0,17 мм при диаметре валов 80—120 мм;

0,15—0,21 мм при диаметре 120—160 мм.

ONLINE ВИДЕО

Такого не делал не один мастер! Как заменить коллектор якоря	*Как проверить подшипники асинхронного электродвигателя*	*Восстановление посадочного места под подшипник*
Как снять подшипник с якоря, если нет съемника (новое видео из мастерской)	*Быстрый ремонт посадочного гнезда, делаем металлизацию подшипника*	*Как поменять подшипники простым способом на электродвигателе (быстро)*
Замена подшипников на 3-фазном электродвигателе	*Как снять подшипник легко и быстро! Съемник своими руками!*	*Как снять подшипник якоря электроинструмента*
Как снять подшипник с ротора. Эпизод №1	*Как снять подшипник с ротора. Эпизод №2*	*Снять ротор с редуктора болгарки за минуту*

ГЛАВА 32

СБОРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором

Рассмотрим алгоритм **сборки асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором**:

- надевают на вал внутренние крышки подшипников;
- закладывают консистентную смазку в лабиринтные канавки;
- нагревают шарикоподшипник и насаживают его на вал;
- укладывают пружинное кольцо в канавку вала;
- нагревают внутреннее кольцо роликоподшипника и насаживают его на вал;
- вставляют в отверстие подшипникового щита внешнее кольцо роликоподшипника;
- вводят ротор в расточку статора с помощью приспособления;
- закладывают в подшипники консистентную смазку;
- устанавливают на подшипники подшипниковые щиты;
- вводят в замок станины буртик подшипникового щита со стороны роликоподшипника и закручивают болты, не затягивая их до отказа;
- затягивают болты, проверяя легкость вращения ротора от руки;
- закручивают болты в резьбу внутренних крышек подшипников, проверяя легкость вращения ротора от руки;
- проверяют щупом воздушный зазор между расточкой статора и ротором;
- устанавливают шпонку в канавку на выступающем конце вала;
- присоединяют обмотку статора к проводам источника питания;
- закрывают коробку выводов крышкой и закрепляют ее болтами;
- делают пробную обкатку двигателя вхолостую в течение 30 мин;
- снимают крышку коробки выводов и отсоединяют провода источника питания;
- отправляют двигатель на испытательную станцию;
- сборку синхронной машины осуществляют в определенной последовательности;

- напрессовывают на вал втулку гидравлическим прессом;
- надевают на полюсы катушки возбуждения;
- прикрепляют полюсы к втулке в соответствии с пометками, сделанными при разборке;
- соединяют между собой катушки ротора и проверяют чередование полярности полюсов, пропуская через катушки постоянный ток;
- напрессовывают на вал контактные кольца и присоединяют к ним выводные концы полюсных катушек;
- закладывают консистентную смазку в лабиринтные канавки;
- надевают на вал внутреннюю крышку шарикоподшипника;
- нагревают шарикоподшипник и насаживают его на вал вместе с капсулой;
- напрессовывают на вал втулку, запирающую шарикоподшипник;
- закладывают консистентную смазку в лабиринтные канавки;
- надевают на вал внешнюю крышку шарикоподшипника и соединяют ее болтами;
- напрессовывают на вал якорь возбудителя с коллектором и обмоткой;
- накручивают на конец вала гайку, запирающую якорь возбудителя;
- напрессовывают на вал втулку вентилятора гидравлическим прессом и закручивают в нее стопорный винт;
- прикручивают к втулке диск вентилятора, следя за совпадением рисок, сделанных при разборке;
- вставляют в капсулу внешнее кольцо роликоподшипника;
- надевают на вал капсулу роликоподшипника;
- нагревают внутреннее кольцо роликоподшипника и надевают его на вал вместе с роликами и сепаратором;
- закладывают консистентную смазку в лабиринтные канавки;
- надевают на вал внешнюю крышку роликоподшипника и соединяют ее с капсулой;
- закладывают шпонку в канавку на выступающем конце вала;
- балансируют ротор с якорем возбудителя;
- собирают траверсу щеткодержателей на приспособлении;
- устанавливают щеткодержатели на щеточных пальцах;
- делают притирку щеток на барабане, обернутом стеклянной шкуркой;
- соединяют щеткодержатели одной полярности;
- устанавливают траверсу в станине возбудителя согласно рискам, сделанным при разборке;
- поднимают щетки из гнезд щеткодержателей;
- собирают полюсы с катушками и прикручивают их винтами;
- проверяют расстояние между полюсными наконечниками соседних полюсов с обеих сторон станины;
- проверяют расстояние между противоположными полюсами, соединяют катушки полюсов между собой и со щеткодержателями;

- закручивают щеточный палец в капсулу шарикоподшипника;
- устанавливают щеткодержатели контактных колец, приподнимают их и привязывают шнуром;
- вводят ротор в расточку статора с помощью приспособления;
- обертывают коллектор картоном и завязывают лентой;
- устанавливают подшипниковый щит на капсулу шарикоподшипника, приподняв ротор за станину возбудителя; вводят буртик щита в замок станины;
- закручивают болты, которыми крепят подшипниковый щит к станине, не затягивая их до отказа;
- устанавливают подшипниковый щит на капсулу роликоподшипника и, приподнимая ротор за конец вала, вводят буртик щита в замок станины, закручивают болты, которыми крепят подшипниковый щит к станине, проверяя легкость вращения ротора от руки;
- закручивают стопорный винт на капсуле роликоподшипника;
- опускают щетки на коллектор возбудителя и щеткодержатели со щетками на контактные кольца;
- измеряют щупами зазоры между статором и ротором, якорем и полюсами возбудителя, щеткодержателями и коллектором;
- соединяют щеткодержатели возбудителя со щеткодержателями;
- обкатывают синхронную машину, используя возбудитель в качестве электродвигателя и питая его постоянным током.

ONLINE ВИДЕО

Процесс сборки асинхронного двигателя

Сборка машины постоянного тока

Сборку машины постоянного тока осуществляют следующим образом:

- надевают на главные полюсы катушки возбуждения;
- устанавливают главные полюсы с катушками в станине согласно пометкам, сделанным при разборке, и закрепляют их болтами;
- проверяют шаблонами расстояния между противоположными полюсами;
- надевают катушки на добавочные полюсы;
- устанавливают добавочные полюсы с катушками в станине согласно пометкам, сделанным при разборке, прикручивают их болтами;
- проверяют шаблоном расстояние между полюсными наконечниками главных и добавочных полюсов;

- проверяют расстояние между противоположными добавочными полюсами;
- соединяют катушки главных полюсов;
- соединяют катушки добавочных полюсов;
- проверяют полярность главных и добавочных полюсов;
- закручивают в станину грузовой винт;
- напрессовывают на вал вентилятор согласно пометкам, сделанным при разборке;
- закладывают консистентную смазку в лабиринтные канавки;
- надевают на вал внутренние крышки подшипников;
- нагревают подшипники и насаживают их на вал;
- закладывают в подшипники консистентную смазку;
- вводят якорь в отверстие станины, используя специальное приспособление;
- собирают траверсу вместе со щеткодержателями и притирают щетки;
- прикручивают траверсу со щеткодержателями к подшипниковому щиту и поднимают щетки из гнезд щеткодержателей;
- устанавливают на шарикоподшипник задний подшипниковый щит;
- приподнимают якорь за конец вала и ставят подшипниковый щит на замок станины;
- закручивают болты подшипникового щита в отверстия в торце станины, не затягивая их до отказа;
- проверяют легкость вращения якоря, постепенно затягивая болты подшипниковых щитов;
- надевают крышки шарикоподшипников и стягивают их болтами;
- закладывают консистентную смазку в лабиринтные канавки;
- проверяют легкость вращения якоря, вращая его за конец вала;
- опускают щетки на коллектор;
- проверяют расстояния между щетками разных пальцев по окружности коллектора;
- проверяют расстояние между коллектором и щеткодержателями;
- собирают клеммы на доске и крепят к ней конденсаторы;
- устанавливают собранную доску клемм (выводов) на переднем подшипниковом щите;
- выполняют электрические соединения согласно схеме;
- подводят от сети к выводам провода питания;
- проверяют щупами расстояния между якорем и полюсами;
- производят пробную обкатку машины;
- после обкатки закрывают коллекторные люки крышками;
- отключают провода питания и закрывают коробку выводов крышкой.

ONLINE ВИДЕО

Стенд для разборки и сборки электродвигателей Актикул: 04.02.34.

ГЛАВА 33

СУШКА И ПРОПИТКА ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Предварительная сушка и пропитка обмоток

Некоторые изоляционные материалы (электрокартон, хлопчатобумажные ленты) являются гигроскопическими. Поэтому перед пропиткой обмотки статоров, роторов и якорей сушат в специальных печах при 105—200 °С. Можно также использовать инфракрасные лучи, источником которых являются специальные лампы накаливания.

Высушенные обмотки пропитывают лаком в специальных ваннах с подогревом, которые устанавливают в отдельном помещении, оборудованном приточно-вытяжной вентиляцией и необходимыми средствами пожаротушения.

Для обмоток применяют пропиточные лаки воздушной или печной сушки, а в отдельных случаях — кремнийорганические лаки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Пропиточные лаки должны обладать малой вязкостью и большой проникающей способностью и в течение длительного времени сохранять изоляционные свойства.

Обмотки электрических машин пропитывают один, два или три раза в зависимости от условий эксплуатации и предъявляемых к ним требований.

В процессе пропитки необходимо постоянно проверять вязкость и густоту лака, так как растворители испаряются и лак загустевает. При этом

значительно снижается его способность проникать в изоляцию проводов обмотки, расположенных в пазах сердечника статора или ротора. Поэтому в пропиточную ванну периодически нужно добавлять растворитель.

Сушка обмоток после пропитки

Обмотки электрических машин после пропитки сушат в специальных камерах с естественной или принудительной вентиляцией теплым воздухом. Подогрев может быть электрическим, газовым, паровым. Распространены сушильные камеры с электрическим подогревом.

В начале сушки (1—2 ч), когда удерживаемая в обмотках влага быстро испаряется, отработанный воздух полностью выпускается в атмосферу. В последующие часы сушки часть отработанного теплого воздуха, содержащего небольшое количество влаги и паров растворителя, возвращается в камеру. Максимальная температура в камере не превышает 200 °С.

ПРИМЕЧАНИЕ

Во время сушки обмоток необходимо постоянно контролировать температуру в камере и температуру выходящего из нее воздуха. Обмотки должны быть расположены так, чтобы они лучше обдувались горячим воздухом.

Процесс сушки **состоит из двух этапов**:

- разогрева обмоток (для выведения растворителя);
- запекания лаковой пленки.

ВНИМАНИЕ

При подогреве обмоток повышать температуру выше 100—110 °С нельзя, так как преждевременно может образоваться лаковая пленка.

В процессе запекания лаковой пленки кратковременно (не более чем на 5—6 ч) можно повышать температуру сушки обмоток с изоляцией класса А до 130—140 °С.

На крупных электроремонтных предприятиях пропитку и сушку выполняют на специальных пропиточно-сушильных конвейерных установках.

После ремонта электрические машины поступают **на испытания**.

ONLINE ВИДЕО

Стенд для разборки и сборки электродвигателей	*Когда электродвигатель пора сушить*	*Электроизоляционные лакокрасочные материалы для пропитки*
Сушильная печь	*Сушка двигателя ВМ 131021*	*Как просушить электродвигатель*
Как просушить обмотку электродвигателя в домашних условиях	*Электроизоляционные лаки ГФ-95 и МЛ-92 для пропитки обмоток*	*Пропитка обмоток статора, и полимеризация нагревом.*
Пропитываем обмотки в вакууме	*«Как я пропитываю двигателя» лаком МЛ-92*	*Пропитка обмоток двигателя. Орбита-107*
Маленкие нюансы пропитки статора	*Пропитка статора электродвигателя*	*Пропитка статора. Намотка в два провода*

ГЛАВА 34

ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Контрольные испытания асинхронных двигателей

В программу **контрольных испытаний асинхронных двигателей** входят:

- внешний осмотр двигателя и замеры воздушных зазоров между сердечниками;
- измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса и между фазами обмоток;
- измерение омического сопротивления обмотки в холодном состоянии;
- определение коэффициента трансформации (в машинах с фазным ротором);
- испытание машины на холостом ходу;
- измерение токов холостого хода по фазам;
- измерение пусковых токов в короткозамкнутых двигателях и определение кратности пускового тока;
- испытание электрической прочности витковой изоляции;
- испытание электрической прочности изоляции относительно корпуса и между фазами;
- проведение опыта короткого замыкания;
- испытание на нагрев при работе двигателя под нагрузкой.

В программу контрольных испытаний **синхронных машин** входят те же испытания за исключением пунктов:

- определение коэффициента трансформации (в машинах с фазным ротором);
- измерение пусковых токов в короткозамкнутых двигателях и определение кратности пускового тока;
- проведение опыта короткого замыкания.

Контрольные испытания машин постоянного тока

Контрольные испытания машин постоянного тока включают следующие операции:

- внешний осмотр и измерение воздушных зазоров между сердечником якоря и полюсами;
- измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса;
- измерение омического сопротивления обмоток в холодном состоянии;
- проверку правильности установки щеток на нейтралях;
- проверку правильности соединения обмоток добавочных полюсов с якорем;
- проверку согласованности полярностей катушек последовательного и параллельного возбуждений;
- проверку чередования полярностей главных и добавочных полюсов;
- испытание машины на холостом ходу;
- испытание электрической прочности витковой изоляции;
- испытание электрической прочности изоляции относительно корпуса;
- испытание на нагрев при работе машины под нагрузкой.

У всех машин после ремонта проверяют нагрев подшипников и отсутствие в них посторонних шумов. У машин мощностью выше 50 кВт при частоте вращения более 1000 об/мин и у всех машин, имеющих частоту вращения свыше 2000 об/мин, измеряют величину вибрации.

ONLINE ВИДЕО

Стенд для разборки и сборки электродвигателей Актикул: 04.02.34	*Исп. стенд для послеремонтного испытания двигателей постоянного тока методом взаимной нагрузки*	*Автоматизированный стенд испытания асинхронных электродвигателей ТДЕМ 02.01.07А. Инструкция*

ONLINE ВИДЕО

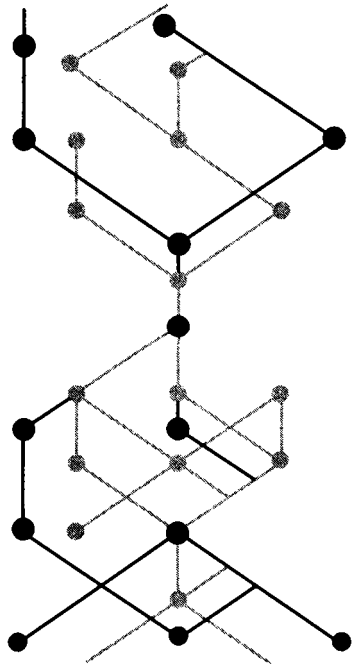
Стенд испытания непропитанных статоров ТДЕМ 02.01.05	*Комплексный стенд проверки асинхронных двигателей КСПАД*	*Комплексный стенд проверки электрических машин*
Вебинар, Часть 1: Электродиагностика вращающихся электромашин. Введение	*Вебинар, Часть 2: Статические испытания электромашин*	*PROFITEST PRIME испытания электрических машин ГОСТ Р МЭК 60204-1*
Станция испытания электрических машин ТДЕМ	*Автоматизированный стенд испытания асинхронных электродвигателей*	*Стенд для разборки и сборки электродвигателей*

ЧАСТЬ

3

РЕМОНТ ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ

- *Устройство и прицип действия трансформатора*
- *Ремонт трансформаторов и автотрансформаторов*
- *Ремонт переключающих устройств трансформаторов*
- *Сборка и испытания трансформаторов*



ГЛАВА 35

УСТРОЙСТВО И ПРИЦИП ДЕЙСТВИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

Назначение трансформатора

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Трансформатор *– это статическое электромагнитное устройство с несколькими индуктивно связанными обмотками, предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения.*

Передача электрической энергии с одной обмотки трансформатора на другую осуществляется с помощью **электромагнитного поля**. Различают силовые и измерительные трансформаторы.

Силовой трансформатор используется для преобразования электрической энергии при непосредственном питании приемников энергией высокого или низкого напряжения неизменной частоты.

Стандартными номинальными линейными напряжениями электрических сетей переменного тока **до 1000 В** являются (ГОСТ 21128-83): 6, 12, 27, 40, 60, 110, 120, 220, 380, 660 В;

Стандартными номинальными линейными напряжениями электрических сетей переменного тока **выше 1000 В** являются (ГОСТ 721-77): 6, 10, 20, 35, 110, 220, 330, 500, 750, 1150 кВ.

Передача электрической энергии на большие расстояния осуществляется, как известно, при высоких напряжениях с целью уменьшения потерь в передающих сетях и сечения проводов линий электропередач. В местах потребления электроэнергии ее напряжение с помощью трансформаторов понижается до требуемого значения.

Классификация трансформаторов

Силовые трансформаторы могут быть:

- общего назначения (для питания обычных сетей или электроприемников);
- специального назначения (для питания сетей или электроприемников, отличающихся особыми условиями работы, характером нагрузки или режимом работы, например, промышленных электротермических печей по выплавке стали и других металлов, преобразовательных установок переменного тока в постоянный ток, электровозов на железнодорожном транспорте и др.).

ПРИМЕЧАНИЕ

К специальным силовым трансформаторам относятся сварочные трансформаторы.

Силовые трансформаторы разделяют на категории:

- масляные, у которых обмотки вместе с магнитной системой погружены в бак с трансформаторным маслом для улучшения изоляции токоведущих частей и условий охлаждения трансформатора;
- сухие, для которых охлаждающей средой служат воздух, газ и твердый диэлектрик.

В электрических сетях применяются также и **автотрансформаторы**.

ПРИМЕЧАНИЕ

У автотрансформаторов первичная и вторичная обмотки, в отличие от обычных силовых трансформаторов, наряду с электромагнитной связью соединены между собой и гальванически.

Устройство трансформатора

Масляный трансформатор ТМ (**рис. 35.1**) состоит из таких элементов:

- магнитопровода с размещенными на нем обмотками высокого напряжения (ВН) и низкого напряжения (НН);
- бака;
- крышки с вводами.

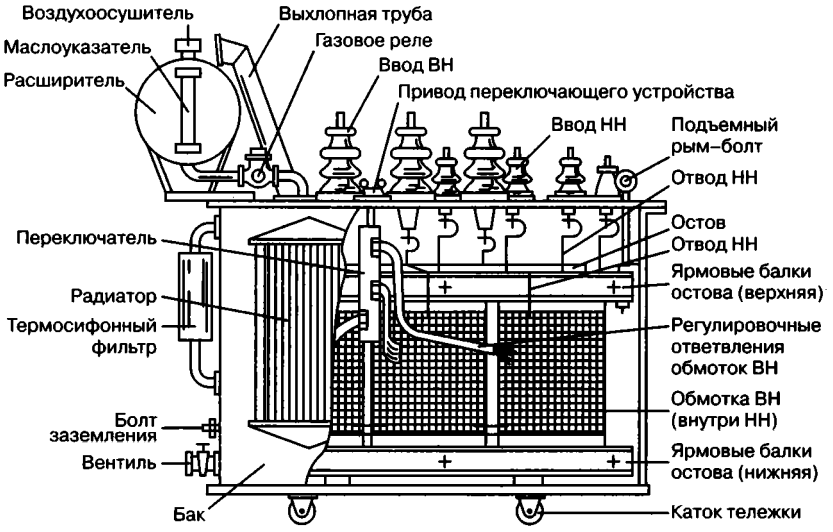


Рис. 35.1. Устройство силового масляного трансформатора мощностью 1000–6300 кВ·А напряжением 35 кВ

Выводы обмоток ВН и НН, изоляторы смонтированы на крышке, которая крепится к баку болтами и уплотняется прокладкой из маслостойкой резины. На крышке также расположены:

- колпак привода переключателя;
- расширитель.

Для перемещения при монтаже и ремонте трансформатор снабжен **стальными катками**.

Для **уменьшения потерь от вихревых токов** магнитопровод набирают из изолированных между собой листов холоднокатаной электротехнической стали толщиной 0,35—0,5 мм.

В качестве **межлистовой изоляции** чаще всего применяют лаки, которые после нанесения на металл и запекания образуют пленку с высокими изоляционными свойствами, механически прочную и маслостойкую.

Обмотки выполняют из медного или алюминиевого провода круглого либо прямоугольного сечения. В качестве изоляции проводов используют телефонную или кабельную бумагу и хлопчатобумажную пряжу.

Переключатель служит для изменения числа витков первичной обмотки, а, следовательно, коэффициента трансформации при регулировании в определенных пределах вторичного напряжения трансформатора.

ПРИМЕР

Трансформаторы мощностью до 1000 кВ·А имеют три ступени регулирования напряжения в пределах ±5 %, трансформаторы мощностью более 1600 кВ·А – пять ступеней регулирования в тех же пределах.

В **баке** трансформатора находятся:

- магнитопровод с обмотками;
- трансформаторное масло.

Трансформаторы небольшой мощности имеют **гладкостенные баки**, в трансформаторах мощностью более 40 кВ·А к баку приваривают циркуляционные трубы в один или несколько рядов (трубчатые баки). Существуют также **ребристые баки** (с вертикальными ребрами для охлаждения воздухом).

Трансформаторы большой мощности обеспечивают **съемными радиаторами**. В верхней части бака приварены крюки для подъема трансформатора, а внизу бак имеет болт для заземления и маслосливной кран.

Расширитель представляет собой сварной стальной цилиндр, закрепленный на кронштейнах и соединенный с баком патрубком. **Уровень масла** в расширителе **контролируется** указателем в виде трубки или прозрачной вставки.

В верхней части расширителя имеется отверстие для заливки масла, которое закрывается пробкой с резьбой. Для свободной циркуляции воздуха установлена **дыхательная труба**, нижний торец которой защищен крышкой с отверстием и сеткой.

Вместе с воздухом в расширитель (следовательно, и в масло) могут попадать частицы пыли и грязи, а также пары влаги, которые конденсируются на его стенках. Для удаления загрязненного масла и влаги имеется **отстойник с пробкой**. Температуру масла в трансформаторе контролируют ртутным термометром или термометрическим сигнализатором.

Сухой трансформатор состоит из магнитопровода, обмоток ВН и НН, заключенных в защитный кожух.

Группы соединения обмоток

Трехфазные трансформаторы выполняются с различными **схемами** и **группами соединения обмоток** (**рис. 35.2**).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Группой соединения *называют угловое отставание векторов линейных напряжений обмотки НН по отношению к векторам соответствующих линейных напряжений обмотки ВН.*

Виды соединения	Напряжение обмоток	Схемы соединения обмоток	Диаграммы векторов напряжения		Условное обозначение
"Звезда" – "звезда" с выведенной нейтралью	ВН	A B C X Y Z	A C B	A a b B	Y/Y$_0$ – 0
	НН	0 a b c x y z	a c 0 b		
"Звезда" – "треугольник"	ВН	A B C X Y Z	A C B	A a 30° B b 300°	Y/Δ – 11
	НН	a b c x y z	a b c		
"Звезда" с выведенной нейтралью – "треугольник"	ВН	0 A B C X Y Z	A C 0 B	A a 30° B b 300°	Y$_0$/Δ – 11
	НН	a b c x y z	a b c		

Рис. 35.2. Наиболее распространенные схемы и группы соединения обмоток трехфазных двухобмоточных трансформаторов

Группа соединения обозначается числом, которое, будучи умноженным на 30° (угловое отставание, принятое за единицу), дает угол отставания в градусах.

ПРИМЕР

Число 11 означает отставание 330°, а 0 (или 12) – отставание 0° (векторы линейных напряжений обмоток ВН и НН совпадают).

Такой способ обозначения группы соединения обмоток трансформатора возник на основе сравнения двух векторов (**рис. 35.2**) линейных напряжений UAB и Uab обмоток ВН и НН, соответственно, с минутной и часовой стрелками обычных часов.

ПРАВИЛО

Если:

- *вектор линейного напряжения UAB обмотки ВН совместить с минутной стрелкой часов, установленной неподвижно на отметке 12;*
- *вектор линейного напряжения Uab обмотки НН совместить с часовой стрелкой, повернутой вправо (т. е. по ходу стрелок в часах) от минутной стрелки на угол, равный углу отставания вектора Uab от вектора UAB (угол отставания отсчитывается от вектора UAB по ходу стрелок часов),*

то группа соединения обмоток трансформатора будет соответствовать числу, равному показанию времени, согласно полученному таким образом положению стрелок.

ПРИМЕР

Группа соединения обмоток трансформатора 11 соответствует 11 ч, а группа 0–12 ч (по старому стандарту эта группа обозначалась числом 12).

Для уменьшения потерь трансформаторы включают на параллельную работу, когда их одноименные выводы на первичной и вторичной сторонах соединены между собой. При этом необходимо соблюдать следующие **условия**:

- одинаковые группы соединения обмоток;
- равенство коэффициентов трансформации и напряжений короткого замыкания.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Напряжение короткого замыкания трансформатора *– это напряжение (в процентах от номинального), которое необходимо подать на одну из обмоток, чтобы по ней проходил ток, соответствующий номинальной мощности, при замкнутой накоротко второй обмотке.*

Не рекомендуется параллельная работа трансформаторов, если отношение номинальных мощностей более 3:1.

Измерительные трансформаторы

В электроустановках, кроме силовых, применяются **измерительные трансформаторы**:

- трансформаторы тока;
- трансформаторы напряжения.

Трансформатор тока (ТТ) предназначен для снижения тока первичной линии до значения, при котором наиболее целесообразно осуществлять питание (подключение) соответствующих измерительных приборов, устройств релейной защиты, автоматики, сигнализации и управления. Наличие ТТ позволяет устанавливать измерительные приборы на значительных расстояниях от контролируемых линий.

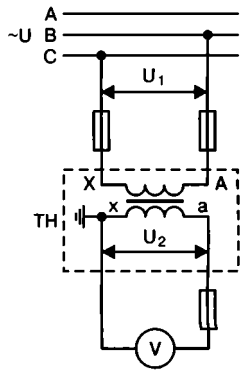


Рис. 35.3. Схема включения в сеть трансформатора напряжения ТН

Трансформаторы напряжения (ТН) похожи на силовые трансформаторы и предназначены для питания цепей напряжения различных измерительных приборов и реле (**рис. 35.3**).

Сварочные трансформаторы

Основным элементом классического сварочного источника переменного тока является **специализированный сварочный трансформатор**.

По характеру устройства магнитного сердечника различают трансформаторы **броневого** (**рис. 35.4, *а***) и **стержневого** (**рис. 35.4, *б***) типов. Для уменьшения потерь на вихревые токи, сердечник трансформатора набирается из листовой трансформаторной стали толщиной 0,27—0,5 мм.

Трансформаторы стержневого типа, по сравнению с трансформаторами броневого типа, имеют более высокий КПД и допускают большие плотности токов в обмотках. Поэтому сварочные трансформаторы обычно, за редким исключением, бывают стержневого типа.

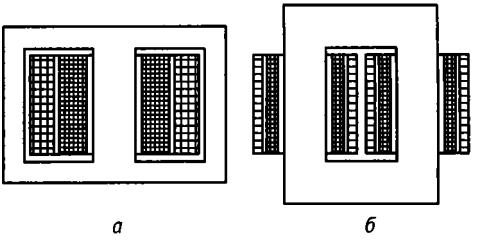


Рис. 35.4. *Типы магнитных сердечников: а – броневого типа; б – стержневого типа*

По характеру устройства обмоток различают трансформаторы с цилиндрическими (**рис. 35.5, *а***), разнесенными (**рис. 35.5, *б***) и дисковыми (**рис. 35.5, *в***) обмотками.

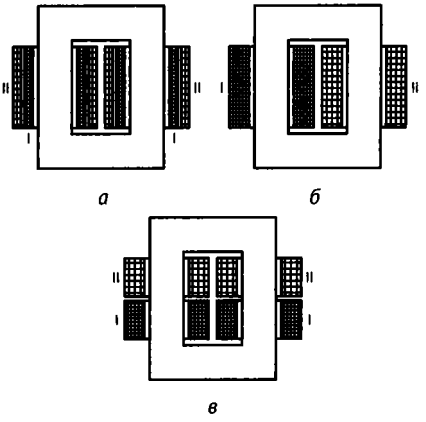


Рис. 35.5. *Типы обмоток трансформаторов: а – цилиндрические; б – разнесенные; в – дисковые*

В **ранних сварочных источниках** присутствовал дроссель как независимый конструктивный элемент, дополнительно увеличивающий массу и габариты сварочного источника. Позже в качестве дросселя стали использовать индуктивность рассеяния трансформатора. Для получения требуемой величины индуктивности рассеяния, обмотки трансформатора стали разносить на разные стержни (**рис. 35.5, *б***) или выполнять в виде дисков (**рис. 35.5, *в***).

В трансформаторах с разнесенными обмотками первичная и вторичная обмотки находятся на различных стержнях трансформатора. Так как обмотки удалены друг от друга, то значительная часть магнитного потока **первичной обмотки не связана с вторичной обмоткой.**

В трансформаторах с дисковыми обмотками первичная и вторичная обмотки также удалены друг от друга, но на меньшее расстояние, по сравнению с трансформаторами, имеющими разнесенные обмотки. Поэтому, по величине индуктивности рассеяния, трансформаторы с дисковыми обмотками занимают промежуточное положение. Эти трансформаторы также имеют падающую внешнюю характеристику, но их рабочий ток составляет примерно 50% от тока короткого замыкания, т. е. рабочий ток примерно в два раза меньше тока короткого замыкания.

ONLINE ВИДЕО

Принцип работы трансформатора	*Как работает трансформатор?*	*Автотрансформатор*
Типы сердечников трансформатора	*Виды обмотки трансформатора*	*Конструкция сухого силового трансформатора*
Устройство силового трансформатора 6/0.4 киловольт. Изоляторы, расширительный бачок, радиаторы	*Как работает трансформатор. Принцип работы трансформатора в блоках питания. Понятное объяснение*	*Для чего служат трансформаторы напряжения на подстанциях и электростанциях*
Что такое звезда и треугольник в трансформаторе?	*Трансформаторы. Принцип действия, конструкция, классификация*	*Есть ли жизнь без ЛАТРа?*

ГЛАВА 36

РЕМОНТ ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ

Типовые неисправности трансформаторов

СОВЕТ

При ремонте трансформаторов необходимо особое внимание уделять изоляционным работам, так как надежность трансформаторов в эксплуатации определяется в основном качеством изоляции.

Наиболее часто в трансформаторах повреждаются обмотки ВН, реже НН. Повреждения в основном происходят из-за снижения электрических свойств изоляции на каком-нибудь участке обмотки. В результате этого наступает электрический пробой изоляции между витками и их замыкание, приводящее к выходу трансформатора из строя.

Повреждение внешних деталей трансформатора (расширителя, бака, арматуры, вводов, пробивного предохранителя) можно обнаружить при внимательном осмотре, а внутренних — в результате испытаний.

Неисправности трансформаторов и возможные причины их возникновения представлены в **табл. 36.1**.

Неисправности трансформаторов и возможные причины их возникновения *Таблица 36.1*

Элемент трансформатора	Возможные неисправности	Причины возникновения неисправностей
Обмотки	Витковое замыкание	Старение изоляции, постоянные перегрузки, динамические усилия при коротких замыканиях
	Замыкание на корпус (пробой), междуфазное короткое замыкание	Старение изоляции, увлажнение масла или снижение его уровня, внутренние и внешние перенапряжения, деформация обмоток вследствие прохождения больших токов короткого замыкания
	Обрыв	Отгорание выводных концов обмоток из-за низкого качества соединения или электродинамических усилий при коротком замыкании
Переключатель регулирования напряжения	Отсутствие контакта	Нарушение регулировки переключателя
	Оплавление контактной поверхности	Термическое воздействие на контакты токов короткого замыкания
Вводы	Электрической пробой на корпус	Трещины в изоляторах вводов, понижение уровня масла в трансформаторе
Магнитопровод	«Пожар стали»	Нарушение изоляции между листами или стяжными болтами
Бак и арматура	Протекание масла из сварных швов, фланцев и крана	Нарушение целости сварных швов, плотности фланцевых соединений, повреждение прокладки крана в месте соединения с фланцем

Средний ремонт сухих трансформаторов

При **среднем ремонте сухих трансформаторов** выполняют следующее:

- подпрессовывают обмотки и ярма магнитной системы;
- подтягивают все крепления;
- заменяют или ремонтируют изоляторы, вентиляторы и их электропроводку, кожух, зажимы и панель для переключения регулируемых ответвлений;
- чистят и продувают сухим сжатым воздухом все части и вентиляционные каналы;
- измеряют сопротивление изоляции обмоток, ярмовых балок, деталей прессовки обмоток и стяжки магнитной системы;
- красят кожух, шинные отводы и другие части, имеющие повреждения антикоррозийного покрытия;
- замеряют сопротивление обмотки постоянному току и коэффициент трансформации.

При измерении сопротивления изоляции используют мегаомметр на 1000 В.

При температуре 20—30 °С **сопротивление изоляции обмоток**:

- у трансформаторов с номинальным напряжением до 1 кВ должно быть не менее 100 МОм;
- у трансформаторов с номинальным напряжением от 1 до 6 кВ — не менее 300 МОм;
- у трансформаторов с номинальным напряжением более 6 кВ — не менее 500 МОм.

Капитальный ремонт сухих трансформаторов

При капитальном ремонте сухих трансформаторов:

- выполняют все работы, относящиеся **к среднему ремонту**, включая электрические испытания;
- перематывают или заменяют обмотки;
- ремонтируют каркас, магнитную систему, детали главной изоляции;
- переизолируют отводы;
- сушат, красят и запекают лаковое покрытие обмоток.

ПРИМЕЧАНИЕ

Активную часть сухих трансформаторов сушат в шкафу или воздуходувкой.

Очистка и сушка трансформаторного масла

Трансформаторное масло очищают от механических примесей и влаги с помощью специальных аппаратов — **центрифуги** и **фильтр-пресса**. Масло проверяют, периодически отбирая пробы из крана на выходном патрубке фильтр-пресса.

Для повышения качества и электрической прочности трансформаторное масло сушат в цеолитовой установке (**рис. 36.1**). Сушка осуществляется фильтрованием масла через слой молекулярных сит, находящихся в адсорберах, которые заполнены гранулированным цеолитом. Фильтруемое масло подогревается электронагревателем.

Сушка в цеолитовой установке весьма эффективна, так как только за один цикл фильтрования позволяет увеличить пробивное напряжение масла с 8—10 до 50 кВ и выше. Такую установку для сушки трансформаторного масла применяют на больших ремонтных предприятиях в случае необходимости переработки большого количества масла.

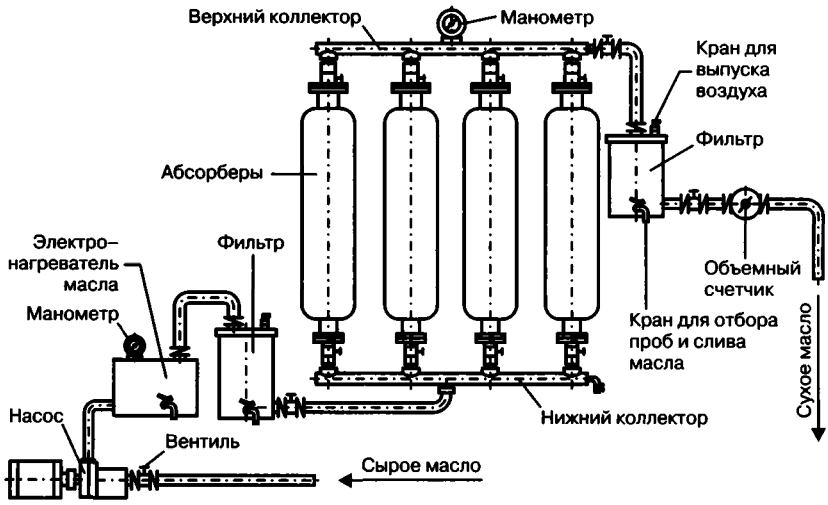


Рис. 36.2. Устройство цеолитовой установки

Действия перед началом ремонта

Сначала трансформатор очищают от грязи, а затем внимательно осматривают его снаружи с целью выявления **внешних неисправностей**:

- трещин в армировочных швах;
- сколов фарфора вводов;
- нарушений сварных швов и протекания масла из фланцевых соединений;
- механических повреждений циркуляционных труб;
- расширителя и других деталей.

Обнаруженные неисправности записывают в **дефектировочные карты**.

Перед разборкой из трансформатора **сливают (частично или полностью) масло. Масло сливают:**

- частично (до уровня верхнего ярма магнитопровода), если ремонтные работы выполняются без подъема активной части трансформатора (например, при замене вводов, ремонте контактов переключателя) или с ее подъемом, но на время, не превышающее допустимое время пребывания обмоток трансформатора без масла;
- полностью, если необходима сушка активной части трансформатора или в случаях, требующих замены поврежденных обмоток или замены масла при его непригодности для дальнейшего использования из-за загрязнения и увлажнения.

Последовательность разборки трансформатора зависит от его конструкции.

Разборка и дефектовка трансформаторов

Рассмотрим основные операции разборки и ремонта трансформаторов большого диапазона мощностей и различного конструктивного исполнения.

Разборку начинают с демонтажа газового реле, предохранительной трубы, термометра, расширителя и других устройств и деталей, расположенных на крышке трансформатора.

При **демонтаже газового реле** под него подкладывают деревянную планку шириной 200 мм или резиновую пластину толщиной около 10 мм. Затем отвертывают болты крепления (придерживая реле рукой) и, перемещая корпус реле параллельно фланцам, снимают его. Отверстия реле закрывают листами фанеры или картона, которые закрепляют освободившимися болтами. Реле аккуратно кладут на стеллаж или передают в электролабораторию для испытаний и ремонта.

Расширитель демонтируют в следующем порядке:

- снимают с него маслопровод с краном;
- стекло маслоуказателя закрывают временным щитком из фанеры, привязав его к арматуре маслоуказателя веревками;
- стропят расширитель пеньковым или стальным стропом (в зависимости от массы) и отвертывают крепежные болты;
- устанавливают наклонно две доски и по ним опускают расширитель на пол;
- закрывают отверстия в крышке и расширителе временными фланцами из листовой резины, фанеры или картона во избежание попадания в них грязи и влаги.

Далее демонтируют **крышку трансформатора**, при этом освободившиеся болты укомплектовывают шайбами и гайками, смачивают керосином и хранят в металлической таре до сборки.

Для **подъема активной части трансформатора** применяют специальные приспособления и стропы, рассчитанные на массу поднимаемого груза и прошедшие необходимые испытания. При подъеме активной части трансформатора с вводами, расположенными на стенках бака, сначала отсоединяют отводы, демонтируют вводы и только затем поднимают активную часть.

ПРИМЕЧАНИЕ

Когда крышка будет приподнята над баком на 200–250 мм, подъем временно прекращают, чтобы убедиться в отсутствии перекоса поднимаемой активной части, который может привести к повреждению обмоток.

Если обнаружится перекос, активную часть опускают на дно бака и снова поднимают только после его ликвидации. В начале подъема рекомендуется убедиться в исправности грузоподъемного механизма, для чего необходимо поднять активную часть на 50—200 мм над уровнем дна бака и держать ее на весу в течение 3—5 мин, затем продолжить подъем.

Подняв активную часть над баком не менее чем на 200 мм, бак удаляют. Стоять под активной частью или в опасной близости от нее, а также производить ее осмотр категорически запрещается.

Активную часть, поднятую из бака, устанавливают на прочном помосте из досок или брусков так, чтобы обеспечить ее устойчивое вертикальное положение и возможность осмотра, проверки, ремонта.

Продолжая разборку, отсоединяют отводы от вводов и переключателя, проверяют состояние их изоляции, армировочных швов ввода и контактной системы переключателя (все неисправности записывают в дефектировочную карту).

Затем отвертывают рым-болты с вертикальных шпилек, снимают крышку и укладывают так, чтобы не повредить выступающие под крышкой части; вводы закрывают цилиндрами из картона или обертывают мешковиной.

Основные **операции по демонтажу обмоток** выполняют в такой последовательности:

- удаляют вертикальные шпильки;
- отвертывают гайки стяжных болтов;
- снимают ярмовые балки магнитопровода, связывая и располагая пакеты пластин по порядку, чтобы удобнее было их затем шихтовать;
- разбирают соединения обмоток;
- удаляют отводы;
- извлекают деревянные и картонные детали расклиновки обмоток ВН и НН;
- *снимают* обмотки вручную или с помощью подъемного механизма (обмотки трансформаторов мощностью 100 кВ·А и выше) сначала ВН, а затем НН.

При дефектировке обмоток для определения мест витковых замыканий используют комплект специальных приборов. После дефектировки поврежденные обмотки доставляют в обмоточное отделение, а расширитель, переключатель, вводы и другие детали трансформатора, требующие ремонта, — в отделение ремонта электромеханической части.

Ремонт бака и крышки

Баки и крышки трансформаторов повреждаются редко. **При ремонте трансформаторов проверяют**:

- состояние сварных швов бака;
- протекает ли масло из арматуры;
- целость резьбы крепежных деталей;
- наличие и состояние уплотняющих прокладок;
- крепление фланца предохранительной трубы на крышке;
- целость мембраны предохранительной трубы.

Замеченные **неисправности устраняют**:

- поврежденные участки сварного шва вырубают зубилом и, очистив от грязи и масла, сваривают вновь;
- протекание масла в местах соединения циркуляционных труб с баком устраняют чеканкой, а из пробкового крана — притиркой пробки абразивными порошками;
- крепежные детали (болты, гайки, винты) с сорванной резьбой заменяют новыми;
- уплотняющие резиновые прокладки заменяют прокладками из маслостойкой резины;
- поврежденную стеклянную диафрагму, установленную на предохранительной трубке, и прокладку, потерявшую упругость, заменяют новыми;
- внутреннюю полость предохранительной трубы очищают от грязи, протирают тряпками и промывают чистым трансформаторным маслом. Поврежденную или потерявшую эластичность резиновую прокладку между фланцем предохранительной трубы и крышкой бака заменяют прокладкой, изготовленной из листа маслостойкой резины толщиной не менее 8 мм.

Ремонт вспомогательных элементов

Расширитель, термосифонный фильтр, воздухоосушитель и **маслозапорную арматуру** разбирают, очищают от шлама и грязи, промывают в трансформаторном масле, а затем собирают. Покрытые ржавчиной поверхности очищают стальными щетками и окрашивают.

В фильтрах и воздухоосушителях заменяют силикагель (свежим или восстановленным).

Газовое реле, термометрический сигнализатор, пробивной предохранитель, другие контрольные и защитные приборы ремонти-

руют в соответствующих лабораториях (электротехнической лаборатории, лаборатории контрольно-измерительных приборов и др.).

Отремонтированные и изготовленные сборочные единицы и детали после проверок и испытаний поступают в отделение сборки.

Ремонт вводов

В эксплуатации находится большое количество трансформаторов с армированными вводами для обмоток НН и ВН. Вводы трансформатора работают в тяжелых условиях:

- в то время, когда **часть ввода, находящаяся внутри бака**, нагревается до +70 °С;
- другая его часть, возвышающаяся над крышкой, может подвергаться воздействию отрицательной температуры (–35 °С и ниже), а также агрессивных веществ из атмосферы.

На изоляторы вводов действуют атмосферные явления (грозовые разряды), в десятки и сотни раз превышающие номинальные напряжения трансформатора и даже испытательные напряжения изолятора.

ПРИМЕЧАНИЕ

Наиболее часто в армированных вводах повреждаются армировочные швы в месте соединений фарфоровых изоляторов с металлическими фланцами.

Это объясняется тем, что при воздействии на изолятор переменных температур в швах возникают значительные механические усилия, обусловленные различными коэффициентами расширения фарфора и металла.

Разрушение швов может вызываться и **электродинамическими силами**. Они действуют на вводы, если через их стержни часто проходят токи короткого замыкания.

Ремонт швов

При ремонте трансформатора вводы тщательно осматривают. Если на поверхности изолятора имеется не более двух (на одной вертикальной линии) сколов площадью до 1 см^2 и глубиной до 1 мм, дефектные места промывают, а затем покрывают двумя слоями бакелитового лака,

просушивая каждый слой в сушильном шкафу при 50—60 °С. Изоляторы с большим количеством дефектов заменяют новыми.

Вводы, армированные швы которых разрушены не более чем на 30 % по окружности, ремонтируют, очищая поврежденные участки и заливая их цементирующим составом. При значительных разрушениях армированного шва ввод переармируют.

Для этого фасонным зубилом разрушают старую замазку и удаляют ее, если замазка не поддается зубилу, ее предварительно смачивают 5 %-м раствором плавиковой или 30 %-м раствором соляной кислоты. Работу с растворами кислот выполняют в защитных очках и перчатках из кислотоупорной резины.

Старую армировочную замазку ввода удаляют и путем разрушения после предварительного нагревания. Для этого ввод помещают в термошкаф и в течение 1,5—2 ч выдерживают при 450—500 °С, а затем легкими ударами по фланцу удаляют замазку.

Переармировку ввода (**рис. 36.2**) выполняют следующим образом. Очистив изолятор ввода от пыли и грязи, а его фланец от остатков старой замазки, собирают ввод и устанавливают его вертикально в приспособление, которое состоит из стальной нажимной плиты толщиной 5 мм, двух вертикальных стальных шпилек диаметром 10—12 мм с гайками и деревянной опорной плиты толщиной 40—50 мм. Далее приготавливают порцию цементирующей смеси (140 мае. ч. магнезита, 70 мае. ч. фарфорового порошка и 170 мае. ч. раствора хлорного магния) и вливают ее тонкой струей до полного заполнения пространства между изолятором и фланцем. После затвердевания замазки (12—15 ч) ввод освобождают из приспособления, очищают от брызг магнезита и

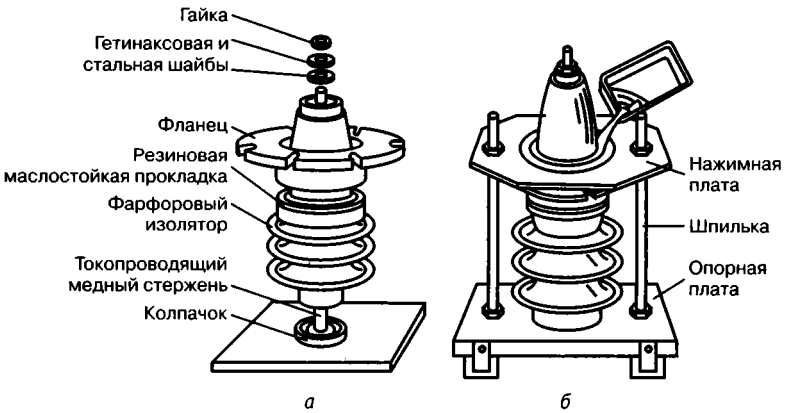


Рис. 36.2. *Ремонт ввода трансформатора:*
а – сборка; б – переармировка

окрашивают армированный шов нитроэмалью 642 или 1.201. Вводы армируют в помещении при температуре не ниже 10 °С.

Вводы трансформатора должны быть герметичными, поэтому переармированный ввод испытывают на специальном приспособлении: с помощью ручного гидравлического насоса создают избыточное давление (400 кПа) трансформаторного масла, подогретого до 70 °С.

Продолжительность испытания составляет 30 мин.

Ремонт и изготовление обмоток

При ремонте обмоток с поврежденной изоляцией (в результате электрического пробоя или износа) целесообразно использовать повторно провод обмоток после его переизолировки.

Процесс **переизолировки** заключается:

- в отжигании провода в печи (при температуре 550—600 °С);
- в промывке в горячей воде;
- в покрытии новой изоляцией на оплеточных станках или специальными приспособлениями на обычном токарном станке.

В качестве **изоляционных материалов** применяют:

- хлопчатобумажную (шелковую, стеклянную, из химических волокон) пряжу высоких номеров (№ 60 и более);
- ленты из кабельной или телефонной бумаги шириной 10—25 мм, толщиной 0,05—0,12 мм.

ПРИМЕЧАНИЕ

При правильном выполнении операций переизолированный обмоточный провод по своим качествам будет равноценен новому.

Обмотки, имеющие небольшой участок повреждений проводов (оплавление или выгорание) и изоляции, в некоторых случаях ремонтируют только частичной перемоткой. Однако при таком ремонте возникают трудности с удалением поврежденной части обмотки и намоткой новых секций.

ПРИМЕЧАНИЕ

Продолжительность работы трансформаторов с частично перемотанными обмотками в 2—3 раза меньше, чем трансформаторов с полностью перемотанными обмотками.

Намотку новых обмоток выполняют по образцам поврежденных обмоток на специальных намоточных станках, оснащенных шаблонами, натяжными приспособлениями и стойками с натяжными устройствами для барабанов с обмоточным проводом.

Ремонт обмоток

Перед ремонтом, пользуясь чертежами, дефектировочной, маршрутной и технологической картами, подготавливают:

- необходимые изоляционные и проводниковые материалы;
- инвентарные приспособления;
- рабочие и измерительные инструменты.

При изготовлении, сборке и монтаже обмоток в качестве изоляционных материалов применяют бумагу (кабельную, телефонную), электротехнический картон и деревянные детали, а также изоляционные конструкции из этих материалов.

Провод обмотки обычно наматывают на бумажно-бакелитовый цилиндр. Кабельную и телефонную бумагу используют чаще всего в качестве межслойной изоляции, картон — в виде прокладок и штампованных или клееных изоляционных деталей, а изоляционные конструкции — как уравнительную и ярмовую изоляцию.

Изготовленную обмотку стягивают с помощью круглых стальных плит и шпилек (чтобы обмотка не рассыпалась при транспортировке к месту выполнения очередной технологической операции) и отправляют на сушку. Она повышает качество обмотки за счет удаления из бумажной изоляции влаги, которая резко снижает электрическую прочность и срок ее службы.

Обмотки **на напряжение до 35 кВ** сушат при температуре до 105 °С в обычных сушильных камерах с вытяжной вентиляцией и электрическим или паровым подогревом, а **на напряжение 35 кВ и выше** — в вакуумных сушильных камерах.

После сушки обмотку сжимают с помощью гидропресса без снятия плит, пока ее размер по оси не достигнет требуемого.

Затем проверяют другие размеры обмотки, ликвидируют (с помощью клиньев) наклон катушек, обрезают выступающие части реек и клиньев, выявляют и ликвидируют другие дефекты обмотки, появившиеся в процессе намотки, сушки или прессовки.

Готовую обмотку подвергают различным проверкам и испытаниям с целью определения ее качества.

Затем обмотку направляют в сборочное отделение или устанавливают в специальную рамку и хранят в сухом и отапливаемом помещении.

Ремонт магнитопроводов

Магнитпопроводы требуют чаще всего частичного ремонта, реже — ремонта с полной разборкой и перешихтовкой активной стали.

Частичный ремонт выполняют при небольших повреждениях изоляционных деталей, ослаблении крепления ярмовых балок и т. п.

Места прогара и оплавления активной стали зачищают, снимая наплывы металла карборундовым камнем, насаженным на вал электросверлильной машинки, или вырубая зубилом.

Затем на этих местах распрессовывают пластины магнитопровода, отделяют сваренные пластины, снимают заусенцы и, очистив участки от остатков старой изоляции и металлических опилок, изолируют пластины, прокладывая между ними листы телефонной или кабельной бумаги.

Часто в магнитопроводах бывают полностью повреждены бумажно-бакелитовые трубки, изолирующие стяжные шпильки от активной стали. В этих случаях изготавливают новые трубки.

Необходимость ремонта с полной разборкой и перешихтовкой возникает при таких тяжелых повреждениях, как «пожар стали». В этом случае может выйти из строя значительная часть пластин активной стали магнитопровода и изоляционных деталей. При таких повреждениях ремонт магнитопровода состоит из следующих основных операций: подготовка к ремонту; разборка магнитопровода; очистка и изоляция пластин; изготовление изоляционных деталей; сборка.

Ремонт отводов

В трансформаторах с неисправными обмотками часто повреждается (частично или полностью) бумажно-бакелитовая изоляция отводов (обуглены отдельные места или вся изоляция отводов).

Удаление поврежденной изоляции отводов осуществляется в такой последовательности:

- отсоединяют отвод от переключателя и обмотки;
- снимают с него поврежденную изоляцию;
- надевают новую бумажно-бакелитовую изоляционную трубку;
- соединяют отвод с обмоткой и вводом или контактом переключателя.

Эти работы выполняет обычно обмотчик-изолировщик. Однако при тяжелых авариях трансформатора может быть повреждена не только изоляция, но и сам проводник отвода (оплавляется проводник отвода, нарушается пайка в месте соединения отвода с демпфером). В таких

случаях повреждение устраняет электрослесарь, изготавливая новый отвод или восстанавливая соединение отвода с демпфером.

При нарушении соединения отвода с демпфером напильником очищают концы отвода и демпфера от остатков припоя, а затем соединяют пайкой. Соединение демпфера с шиной отвода может быть выполнено и сваркой.

ONLINE ВИДЕО

Как прозвонить трансформатор или как определить обмотки трансформатора	*Как починить трансформатор. Частая причина поломки. И еще совет про глицерин*	*Как устроен трансформатор. Как проверить исправность трансформатора*
Техническое обслуживание силовых трансформаторов	*Особенности и виды ремонта трансформаторов*	*Ремонт трансформатора. Обрыв, проверка*
Ремонт трансформатора	*Очень простой ремонт трансформатора*	*Как проверить исправность трансформатора*

ГЛАВА 37

РЕМОНТ ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Назначение и строение переключающих устройств

ПРИМЕЧАНИЕ

Причиной выхода из строя трансформаторов в десяти случаях из ста бывает неисправность переключающих устройств, в частности повреждение их контактов.

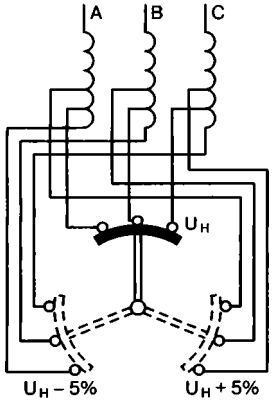


Рис. 37.1. *Принципиальная электрическая схема трехступенчатого переключателя коэффициента трансформации трансформатора*

СОВЕТ

При ремонте переключающих устройств особое внимание следует уделять состоянию их контактной системы.

Переключающее устройство предназначено для изменения числа витков первичной (или вторичной) обмотки трансформатора и, следовательно, коэффициента трансформации для регулирования вторичного напряжения трансформатора.

На **рис. 37.1** приведена принципиальная электрическая схема трехступенчатого переключателя (положение переключателя соответствует номинальному напряжению во вторичной обмотке трансформатора).

ПРИМЕЧАНИЕ

Если рукоятку переключателя повернуть на 120° по часовой стрелке, в первичной обмотке число витков уменьшится, а вторичное напряжение увеличится на 5 %. При повороте переключателя в обратную сторону вторичное напряжен ие уменьшится также на 5 %.

Неисправности в контактной системе

Неисправности в контактной системе переключающего устройства:

- недостаточная плотность прилегания подвижных контактов к неподвижным;
- ослабление соединений регулировочных отводов к контактам переключающего устройства;
- нарушение прочности соединений отводов с обмоткой и др.

Эти неисправности вызывают повышенные местные нагревы, часто приводящие к выходу трансформатора из строя.

Разновидности переключающих устройств

В трансформаторах применяются такие **переключающие устройства**:

- ПБВ (переключение без возбуждения);
- РПН (регулирование под нагрузкой).

Большинство силовых трансформаторов выполняется с устройством ПБВ различных конструкций, однако основным их элементом является система подвижных и неподвижных контактов.

Например, в трансформаторах напряжением 6 или 10 кВ применяют переключатель ПБВ (**рис. 37.2**). Рабочее положение переключателя фиксируется стопорным болтом, который необходимо открутить, перед тем как повернуть переключатель.

На фланце переключателя цифрами помечены положения, а на

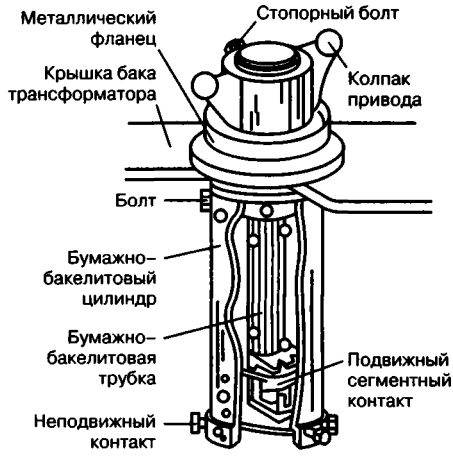


Рис. 37.2. Переключатель ПБВ

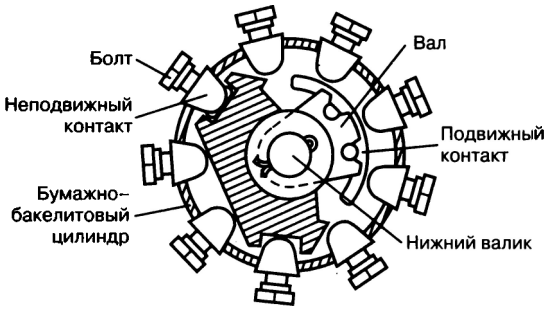


Рис. 37.3. Контактная система переключателя ПБВ

колпаке имеется стрелка, показывающая положение контактной системы. На **рис. 37.3** приведена контактная система переключателя ПБВ. На бумажно-бакелитовом цилиндре закреплены неподвижные контакты с болтами для подключения отводов. Подвижные контакты сегментного типа установлены на валу и прижаты пружинами к неподвижным контактам. Нижний валик, вал и контакты (сегменты) приводятся в действие (поворачиваются) с помощью рукоятки колпака.

Переключающие устройства РПН выполняются с токоограничивающим реактором, токоограничивающими сопротивлениями и без них. На **рис. 37.4** приведено переключающее устройство РПН с реактором.

РПН состоит из таких элементов:

- избирателя отводов Aj-Are обмотки;
- контакторов для отключения тока в цепях переключающего устройства;
- реактора или сопротивлений;
- элементов автоматики и сигнализации.

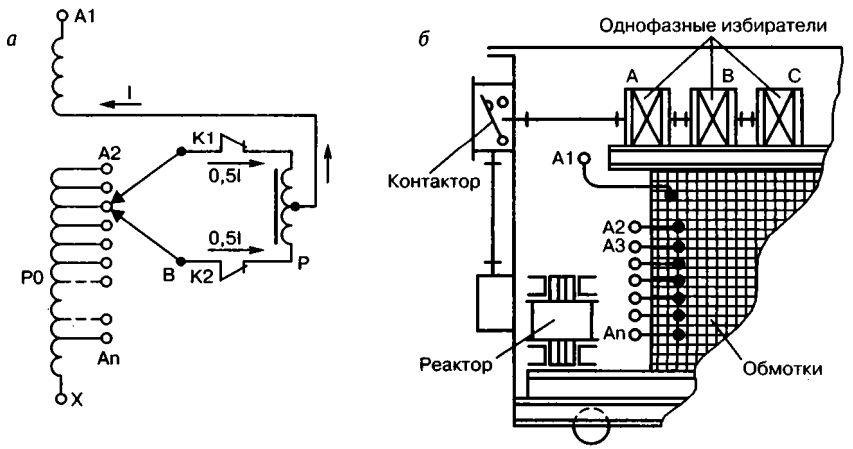


Рис. 37.4. Переключающее устройство РПН с токоограничивающим резистором:
а – электрическая схема (одной фазы);
б – расположение в трансформаторе устройства РПН типа РНТ-13–623/35

ПРИМЕЧАНИЕ

С помощью реактора и сопротивлений ограничивается ток в переключаемой части обмотки во время перевода тока нагрузки с одного отвода на другой без разрыва цепи тока нагрузки трансформатора.

Кроме этого, переключающие устройства могут иметь привода:
- ручной;
- электрический с кнопками управления;
- автоматический.

Принципиальная схема переключающих устройств

Электрическая схема каждой фазы устройства РПН (**рис. 37.4, *а***) состоит из двух симметричных цепей, включающих:
- избиратель В с системой подвижных и неподвижных контактов;
- контакты К1 и К2;
- реактор Р.

На схеме показано рабочее положение на одном из отводов обмотки РО. При необходимости перехода на другую ступень напряжения включением привода переключаются на соответствующие отводы контакты одной параллельной цепи, а затем — другой в такой последовательности:
- размыкается контакт К1 (или К2) контактора;
- избиратель одной цепи переходит на нужный отвод обмотки РО;
- после этого контакт контактора замыкается (переход на другой отвод первой параллельной цепи окончен).

Далее в той же последовательности осуществляется **переход другой параллельной цепи** на тот же отвод, на который перешел избиратель первой цепи.

ПРИМЕЧАНИЕ

На этом цикл перехода с одного отвода на другой без разрыва цепи рабочего тока заканчивается.

Реактор в этой схеме ограничивает ток в цепи «моста», когда одна параллельная цепь перешла на следующий отвод, а другая еще находится на предыдущем отводе. Рабочий ток реактора при этом не ограничивается, так как индуктивное сопротивление реактора практически равно нулю, потому что в каждой половине его обмотки рабочие токи, а соответственно и магнитное поле, имеют противоположное направление.

Однофазные избиратели (**рис. 37.4, *б***) и реактор крепятся **на ярмовых балках**. Контактная система избирателей работает без разрыва цепи тока, их контакты не подгорают, поэтому избиратели располагают на активной части трансформатора. Действие контакторов сопровождается разрывом тока в параллельных цепях и возникновением дуги, поэтому контакторы располагают в отдельном отсеке, заполненном трансформаторным маслом. Это позволяет проводить осмотр и ремонт контакторов с заменой масла без вскрытия бака трансформатора.

Ремонт переключающего устройства ПБВ

Ремонт переключающего устройства ПБВ начинают с внимательного осмотра всех деталей.

ПРИМЕЧАНИЕ

Особое внимание обращают на состояние рабочих поверхностей подвижных и неподвижных контактов. Ведь при длительной работе контактов в масле они покрываются тонкой пленкой желтоватого цвета. Она увеличивает переходное сопротивление в контактах, вызывая повышенный их нагрев и повреждение.

Поэтому контакты старательно очищают, протирая технической салфеткой, смоченной в ацетоне или чистом бензине. Подгоревшие и оплавленные контакты заменяют новыми.

При ремонте **переключающего устройства ПБВ**:

- подтягивают все крепежные детали;
- заменяют поврежденные пружины;
- заменяют изолирующие детали и прокладки;
- проверяют отсутствие заеданий в контактах и совпадение рабочих поверхностей подвижных контактов с неподвижными;
- устраняют также другие дефекты;
- обновляют надписи и обозначения на переключателе.

Полностью отремонтированный переключатель проверяют десятью циклами переключения по всем ступеням.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Цикл *– это ход механизма от первого положения до последнего и обратно.*

Ремонт переключающего устройства РПН

ПРИМЕЧАНИЕ

Ремонт переключающего устройства РПН значительно сложнее, чем переключателя ПБВ: кроме очистки, промывки, протирки внутренних и внешних деталей, выполняют дополнительные работы, определяемые конструкцией отдельных частей переключателя и наличием большого числа контактов.

Проверяют **состояние поверхностей контактов** избирателя ступеней, контакторов и электрической части приводного механизма (контактов контроллера, реле, конечных выключателей).

Контакты всех элементов переключающего устройства, покрытые копотью и слегка оплавленные, зачищают и обпиливают, удаляя подгары и наплывы металла, контакты с металлокерамическим покрытием промывают, а сильно поврежденные — заменяют новыми.

В системе привода могут быть **сверхдопустимые люфты**, которые устраняют подтяжкой креплений и заменой деталей, имеющих разработанные отверстия и большой износ, а также регулировкой контактора и избирателя.

Ремонт отдельных частей переключающего устройства РПН обусловлен необходимостью их разборки и сборки. В случае сборки и регулировки приводов руководствуются рисками, которые наносятся на соединяемые детали при изготовлении трансформатора на заводе.

ВНИМАНИЕ

Ошибка в подключении отводов может стать причиной выхода из строя переключающего устройства, а, следовательно, и трансформатора.

ПРИМЕР

Неправильное подключение реактора к контактору нарушает последовательность работы контактной системы.

На **рис. 37.5** представлена круговая диаграмма переключающего устройства на 5 ступеней с регулировкой напряжения трансформатора ±2,5 % номинального напряжения одной ступени. Во избежание ошибок в схеме подключения отводов после сборки, регулировки и визуальной проверки схемы соединений строят такую диаграмму. Диаграмма пока-

Рис. 37.5. *Круговая диаграмма переключающего устройства*

зывает последовательность действия контактной системы переключателя, а также углы опережения и запаздывания при работе контактов контакторов и избирателя.

Затем строят **круговую диаграмму последовательности действия** контактов избирателя и контакторов при **прямом** и **обратном** ходах. По величине люфта судят о качестве сборки избирателя.

ПРИМЕЧАНИЕ

Сборка считается удовлетворительной, если люфт меньше 16°.

Затем выполняют десять циклов переключений. Если дефекты не обнаруживаются, то считают, что переключающее устройство отремонтировано удовлетворительно и может быть установлено на трансформатор.

ONLINE ВИДЕО

Переключающие устройства РПН Huaming	*Принцип работы реечного переключателя обмоток ПБВ у силового трансформатора*	*Кто такая анцапфа ovie?*
Пример работы привода РПН. Схема моторного привода МЗ-4/06	*РПН РНТ-13*	*Для чего служит газовая защита бака РПН силового трансформатора?*
Устройства регулирования напряжения трансформатора под нагрузкой РПН СМ и СМ2	*Трансформатор с РПН Huaming, схема работы*	*Диагностика переключающих устройств трансформаторов*

ГЛАВА 38

СБОРКА И ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Первый этап сборки трансформатора

Сборку трансформатора начинают со сборки его основной части — **каркаса (остова) магнитопровода**. К месту работы доставляют полный комплект изолированных пластин, изоляционных деталей, приспособлений и инструмента и располагают в таком порядке, чтобы при выполнении операций не нужно было делать лишних движений.

Магнитопроводы **в зависимости от габаритных размеров** собирают:

- на металлических столах;
- на приспособлениях;
- на кантователях.

Пластины собранного магнитопровода неплотно прилегают одна к другой, поэтому его сначала прессуют, устанавливая груз или стягивая пластины временными шпильками, а затем проверяют по всему периметру толщину магнитопровода. Надевают на стяжные шпильки бумажно-бакелитовые трубки, электрокартонные и стальные шайбы, навинчивают гайки и слегка стягивают.

Затем устраняют неровности и прессуют магнитопровод до требуемого размера (равномерно закручивая гайки на шпильках). После этого к нижним ярмовым балкам крепят опорные планки. Полностью собранный магнитопровод стропят, поднимают, ставят вертикально на шпалы и устанавливают вертикальные прессующие шпильки.

После выполнения всех операций сборки магнитопровод осматривают, окончательно подтягивают шпильки, измеряют мегаомметром сопротивление изоляции ярмовых балок и шпилек по отношению к активной стали.

Полностью собранный магнитопровод доставляют в обмоточное отделение, где сначала расшихтовывают верхнее ярмо, устанавливают ярмовую изоляцию и изоляционные цилиндры, а затем насаживают обмотки на стержни и шихтуют верхнее ярмо.

При ремонте трансформаторов небольшой мощности в электроремонтном цехе магнитопровод собирают полностью (но без шихтовки верхнего ярма). На стержни такого магнитопровода насаживают обмотки НН и ВН. Изолируют их и только затем шихтуют верхнее ярмо и полностью собирают магнитопровод.

Заключительными операциями первого этапа сборки трансформатора являются сборка и соединение схемы обмоток.

ПРИМЕЧАНИЕ

Обмотки современных трансформаторов, применяемых в электроустановках промышленных предприятий, как правило, соединены «звездой» (в редких случаях – «треугольником»).

Концы обмоток соединяют пайкой специальными паяльниками. После пайки участки соединений очищают от выступающих частиц припоя, изолируют лакотканью шириной 20—25 мм и покрывают лаком ГФ-95.

Для обеспечения высокой электрической прочности изоляции активную часть трансформатора подвергают сушке, в результате которой удаляется влага из его твердой изоляции. Существуют **различные способы сушки трансформаторов**:

- в специальном шкафу;
- инфракрасными лучами;
- методом индукционных потерь;
- токами короткого замыкания и др.

После окончания сушки выполняют так называемую **«отделку» активной части**:

подпрессовывают обмотку вертикальными шпильками верхнего и нижнего ярм магнитопровода;

проверяют сопротивление изоляции обмоток, стяжных шпилек и ярмовых балок.

Второй этап сборки трансформатора

Затем переходят к **операциям второго этапа сборки трансформатора**.

При сборке трансформаторов без расширителя, вводы которых расположены на стенках бака, сначала опускают активную часть в бак, устанавливают вводы, присоединяют к ним и переключателю отводы обмоток, а затем размещают крышку на баке.

Крышки трансформаторов мощностью до 560 кВ·А устанавливают на подъемных шпильках магнитопровода и снабжают необходимыми деталями, а более мощных — комплектуют отдельно и закрепляют на подъемных шпильках выемной части или баке.

ПРИМЕЧАНИЕ

При этой операции особое внимание обращают на правильность установки уплотняющих прокладок, прочность затяжки гаек, правильность присоединения отводов к вводам и переключателю, выполнение уплотнений, исключающие протекание масла.

Далее **производят следующее**:

- активную часть с закрепленной на ней крышкой стропят за подъемные кольца тросами, поднимают краном и медленно опускают в бак, соблюдая меры предосторожности;
- монтируют крышку, равномерно затягивая болты по всему периметру;
- на крышке устанавливают кронштейны, на которых крепят расширитель с маслоуказателем;
- располагают предохранительную трубу;
- устанавливают реле и пробивной предохранитель.
- После сборки трансформатора перед заполнением его маслом еще раз проверяют мегаомметром на 1000 В электрическую прочность изоляции обмоток.

Затем трансформатор заполняют до требуемого уровня сухим трансформаторным маслом соответствующей электрической прочности, проверяют герметичность арматуры и установленных на крышке деталей, а также отсутствие течи масла из соединений и сварных швов.

Затем трансформатор подвергают электрическим испытаниям. Их объем и нормы установлены стандартами.

Испытания силовых трансформаторов

Отремонтированные трансформаторы проходят контрольные (окончательные) испытания, которые должны подтвердить высокое качество выполненного ремонта, отсутствие дефектов, соответствие характеристик трансформаторов паспортным значениям, а также требованиям стандартов:

- испытание трансформаторного масла;
- определение коэффициента трансформации и группы соединения обмоток;
- измерение сопротивления обмоток постоянному току;
- измерение токов, потерь холостого хода и короткого замыкания;
- измерение сопротивления изоляции обмоток;
- испытание электрической прочности главной изоляции повышенным напряжением промышленной частоты;
- испытание электрической прочности витковой изоляции повышенным напряжением.

Испытание трансформаторного масла осуществляют на электрическую прочность (пробой и диэлектрические потери). Для этого берут пробу масла (из бака трансформатора в чистую сухую стеклянную посуду не менее 0,5 л) и заливают ее в маслопробойный аппарат. Спустя 20 мин (за это время из масла выходят пузырьки воздуха) плавно повышают напряжение, наблюдая за стрелкой вольтметра, до пробоя.

Выполняют 6 пробоев с интервалом 10 мин. Первый пробой не учитывается. Среднее арифметическое пробивного напряжения остальных пяти пробоев принимают за пробивное напряжение трансформаторного масла, которое должно быть не менее 25 кВ для трансформаторов с напряжением до 15 кВ включительно и не менее 30 кВ — с напряжением 15—30 кВ.

При ремонте выполняют и химический анализ масла, в результате которого определяют кислотное число, температуру вспышки паров, реакцию водной вытяжки, массу взвешенного угля и механических примесей. Одновременно проверяют прозрачность масла.

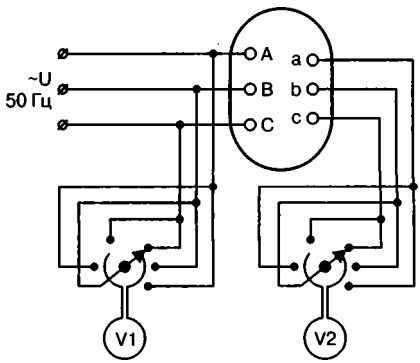


Рис. 38.1. Схема измерения коэффициента трансформации с помощью двух вольтметров с переключателями

Коэффициент трансформации проверяют по схеме, приведенной на **рис. 38.1**. Необходимо убедиться в правильности: числа витков; сборки схемы соединения обмоток; подключения отводов к переключателю.

Одновременно подают напряжение (не менее 2 % номинального) на все фазы трехфазного трансформатора и все ступени напряжения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Отклонение по фазам не должно превышать 2 %.

При проверке группы соединения определяют правильность соединения обмоток и их соответствие группе.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току позволяет выявить **дефекты, допущенные при ремонте:**

- обрыв параллельных проводников обмоток;
- низкое качество соединений пайкой;
- плохой контакт в месте присоединения отвода к переключателю и др.

Перечисленные дефекты увеличивают сопротивление обмоток за счет повышения переходного сопротивления на дефектных участках.

ПРИМЕЧАНИЕ

Измеренные сопротивления по всем фазам и ступеням не должны различаться более чем на 2 %.

Измерение токов, потерь холостого хода и короткого замыкания проводят для выявления таких дефектов в магнитной системе трансформатора, которые увеличивают ток холостого хода и дополнительные потери, снижающие КПД трансформатора, а в отдельных случаях приводят к недопустимому нагреву.

На обмотку НН подают симметричное напряжение частотой 50 Гц при разомкнутой обмотке ВН и плавно увеличивают его от нуля до номинального значения.

При этом измеряют ваттметром мощность, потребляемую трансформатором, и амперметрами — линейные токи.

ПРИМЕЧАНИЕ

Допущенные при ремонте трансформатора неправильная транспозиция проводов, обрыв или надлом одного из параллельных проводов, плохой контакт и применение проводов заниженного сечения увеличивают омическое сопротивление обмоток и вызывают дополнительные потери энергии в них при нагрузке.

Перечисленные дефекты выявляются путем проведения опыта короткого замыкания и сопоставления фактических и расчетных потерь в обмотках. При опыте короткого замыкания вводы обмоток НН трансформатора замыкают между собой, а к вводам обмоток ВН подают такое напряжение, при котором в обмотках устанавливаются номинальные токи. Измерение потерь энергии при опыте короткого замыкания сопоставляют с расчетными. Если они выше расчетных, значит, в трансформаторе имеются неисправности.

Измерение сопротивления изоляции обмоток осуществляется мегаомметром:

- между обмоткой ВН и баком при заземленной обмотке НН;
- между обмоткой НН и баком при заземленной обмотке ВН;
- между обмотками ВН и НН, соединенными между собой, и баком.

ПРИМЕЧАНИЕ

Сопротивление изоляции обмоток трансформатора до 35 кВ считается удовлетворительным, если оно:

- *не менее 300 МОм для трансформаторов мощностью до 6300 кВ·А включительно;*
- *600 МОм для трансформаторов 10 000 кВ·А и выше.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Главная изоляция *— это изоляция между обмотками различных напряжений и каждой из них относительно заземленных частей трансформатора.*

Испытание электрической прочности главной изоляции повышенным напряжением промышленной частоты заключается в том, что от специального трансформатора с регулируемым напряжением подают **повышенное напряжение** частотой 50 Гц на исследуемые обмотки трансформатора:

- 25 кВ для трансформаторов 6 кВ;
- 35 кВ — 10 кВ;
- 85 кВ — 35 кВ.

Трансформатор выдержал испытание:

- если в течение 1 мин с момента подачи испытательного напряжения амперметр не показывает увеличения тока, а вольтметр — уменьшения напряжения;
- если внутри трансформатора нет потрескиваний.

Затем напряжение снижают до нуля.

Испытание электрической прочности витковой изоляции повышенным напряжением проводят таким образом. К обмотке НН при разомкнутой обмотке ВН и заземленном баке трансформатора подают от генератора испытательное напряжение:

- 115 % номинального — при магнитопроводе шпилечной конструкции;
- 130 % — при бесшпилечной конструкции.

Трансформатор считается выдержавшим испытание, если в течение 1 мин не наблюдаются скачки тока, разряды и другие явления, свидетельствующие о повреждении изоляции.

ONLINE ВИДЕО

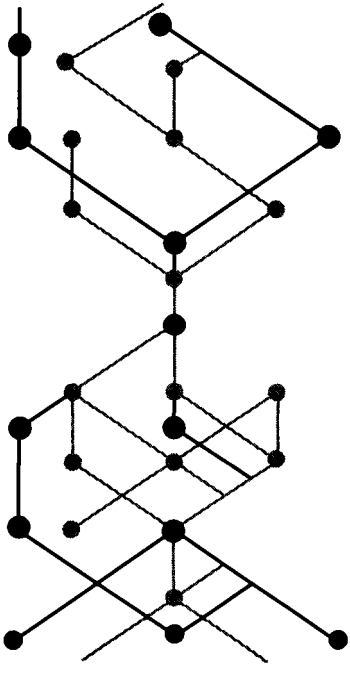
Испытание трансформатора Часть 1	*Испытание трансформатора Часть 2*	*Испытание трансформатора Часть 3*
НТЗВ – испытания трансформатора	*Высоковольтные испытания трансформатора*	*Проверка сопротивления изоляции трансформатора*
Испытание измерительных трансформаторов	*Испытание силовых трансформаторов*	*Техническое обслуживание силовых трансформаторов*

ЧАСТЬ

4

РЕМОНТ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

- *Системы вентиляции помещений*
- *Вентиляторы*
- *Основные элементы систем вентиляции*
- *Ремонт вентиляции и профилактика неисправностей*
- *Вентиляторы компьютеров*
- *Ремонт увлажнителей и ионизаторов воздуха*



ГЛАВА 39

СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ

Естественная вентиляция

ONLINE ВИДЕО

Как работает естественная вентиляция

Естественная вентиляция помещений обусловливается разностью температур наружного и комнатного воздуха и силой ветра. Ветровой напор воздуха оказывает на одну сторону здания давление, вгоняя воздух в помещение, а с подветренной стороны за счет разрежения отсасывает воздух из помещения.

Воздухообмен зависит от вида строительного материала стен здания. Дерево, кирпич хорошо пропускают воздух. Бетонные стены, окраска их масляной краской, цементная штукатурка значительно снижают воздухопроницаемость. В целях усиления естественной вентиляции прибегают к проветриванию помещений через окна, форточки, фрамуги.

С целью усиления естественной вентиляции в стенах жилых домов прокладывают вытяжные вентиляционные каналы, открывающиеся в кухне, в ванной и туалете. Они заканчиваются на крыше специальными насадками — **дефлекторами**, которые усиливают отсасывание воздуха за счет силы ветра.

ONLINE ВИДЕО

Естественная вентиляция — ошибки

В современных жилищах системы с канальной вытяжкой вентиляции не всегда обеспечивают удаление из квартиры воздуха. Нередко возникает неблагоприятное явление как «**опрокидывание тяги**». В этих случаях через вентиляционные каналы в помещения поступают посторонние запахи и пыль, что создает опасность распространения загрязнений и инфекций из одной квартиры в другие. Для улучшения воздухообмена в жилых помещениях можно использовать электрические вентиляторы в вытяжном канале.

ONLINE ВИДЕО

Механическая система вентиляции в доме

Механическая вентиляция

В механических системах вентиляции используются оборудование и приборы (вентиляторы, электродвигатели, воздухонагреватели, пылеуловители, автоматика и др.), позволяющие перемещать воздух на значительные расстояния. Затраты электроэнергии на их работу могут быть довольно большими.

Типовой состав механической вентиляции:

- вентиляционные каналы, по которым движется воздух;
- приточные и вытяжные вентиляторы в наборных установках или приточно-вытяжная установка в моноблочных осуществляют забор и отведение потока;
- фильтры очищают воздух от грязи, пыли, смога, пыльцы;
- ионизаторы и увлажнители повышают качество приточных воздушных масс перед подачей в помещение;
- канальные нагреватели и охладители (приборы термической подготовки в зимний и летний период);
- акустические глушители снижают шум работающей установки;
- рекуператор — опция, повышающая энергоэффективность механической приточно-вытяжной вентиляции;
- теплообменник, в котором происходит передача тепла отработанного кислорода и предварительный нагрев приточного;
- дополнительное оборудование (декоративные решетки, диффузоры, кронштейны, комплекты датчиков, блоки автоматического управления).

Такие системы могут подавать и удалять воздух из локальных зон помещения в требуемом количестве, независимо от изменяющихся условий окружающей воздушной среды. При необходимости воздух подвергают различным видам обработки (очистке, нагреванию, увлажнению и т. д.), что практически невозможно в системах естественной вентиляции.

Следует отметить, что в практике часто предусматривают так называемую **смешанную вентиляцию**, то есть одновременно естественную и механическую вентиляцию. В каждом конкретном проекте определяется, какой тип вентиляции является наилучшим в санитарно-гигиеническом отношении, а также экономически и технически более рациональным.

ONLINE ВИДЕО

Механическая вентиляция в мастерской

Приточная вентиляция

ONLINE ВИДЕО

Приточная вентиляция легко! Личный опыт. Клапан Домвент

Приточные системы служат для подачи в вентилируемые помещения чистого воздуха взамен удаленного. Приточный воздух в необходимых случаях подвергается специальной обработке (очистке, нагреванию, увлажнению и т. д.).

Вентилятор «затягивает» воздух внутрь помещения. От его мощности зависит производительность всей системы. Однако вентиляция, состоящая из одного только вентилятора в стене, не слишком отличается от открытых окон. Конечно, свежий воздух будет поступать регулярно, но вместе с ним к Вам попадут загрязнители и уличный холод. **Фильтры** предотвращают попадание в помещение шерсти, пуха, пыли, пыльцы, выхлопных газов Воздушные фильтры для систем вентиляции различаются в зависимости от конкретного загрязнителя. Некоторые приспособления справляются на ура даже с микроскопическими загрязнениями, а некоторые избавят Вас разве что от насекомых и крупных комьев пыли.

Нагревательный элемент обеспечивает подогрев воздуха в холодное время года. Бывает водяным и электрическим. Водяные нагреватели используют, как правило, в просторных помещениях, а для небольшой комнаты достаточно электрического нагревателя. **Рекуператор** используется для снижения затрат на подогрев в зимнее время. Он передает холодному уличному воздуху тепло уже отработанного, комнатного.

Система шумопоглощения используют звукоизоляционные материалы и позволяют снизить уровень шума. **Воздуховоды** — это трубы, по которым движется воздух. Они могут изготавливаться из пластика, алюминиевых сплавов или нержавеющей стали, быть твердыми или гибкими. Их характеристики зависят от конкретной вентиляционной системы.

ONLINE ВИДЕО

Приточная вентиляция квартиры. 4 способа. Плюсы и минусы

Система автоматического контроля соединяет в себе температурный датчик, регулятор скорости вращения вентилятора, контроллер уровня загрязнения фильтров и многое другое. Благодаря автоматике вентиляция будет работать самостоятельно. Также в комплектацию системы вентиляция могут входить **осушитель, увлажнитель** или **обеззараживатель воздуха**.

По **наличию или отсутствию воздуховодов** существуют системы:
- бесканальные — свежий воздух проходит через отверстие в стене или окне (например, приточные клапаны);
- канальные — свежий воздух проходит через систему воздуховодов.

По **конструкции**:
- моноблочные, состоящие из одного блока, в котором соединены все элементы (вентилятор, фильтры, нагреватель и т.д.);
- сборные, в которых все элементы системы соединены между собой воздуховодами.

По **способу вентиляции**:
- общеобменная приточная вентиляция (воздух равномерно поступает в разные участки помещения);
- местная (воздух поступает в определенную комнату).

По **способу циркуляции воздуха**:
- с естественной циркуляцией (отверстие в стене с решеткой, через которую проходит воздух с улицы);
- с принудительной циркуляцией (имеется вентилятор, который создает необходимое давление для «затягивания» воздуха внутрь).

ONLINE ВИДЕО

Чем отличается приточная и вытяжная вентиляция

Вытяжная вентиляция

Вытяжная вентиляция удаляет из помещения (цеха, корпуса) загрязненный или нагретый отработанный воздух. В общем случае в помещении предусматриваются как приточные, так и вытяжные системы. Их производительность должна быть сбалансирована с учетом возможности поступления воздуха в смежные помещения или из смежных помещений.

Современная **вытяжная вентиляция включает в себя**:
- вентиляционную установку или вентилятор;
- взаимосвязанную систему вентиляционных каналов;
- фильтры;
- охладительные или нагревательные приборы;
- глушители шума на выходе и входе;
- решетки;
- обратные клапаны.

ONLINE ВИДЕО

Приточно-вытяжная система квартиры

В помещениях может быть также предусмотрена только вытяжная или только приточная система вентиляции. В этом случае воздух поступает в данное помещение снаружи или из смежных помещений через специальные проемы или удаляется из данного помещения наружу, или перетекает в смежные помещения. Как приточная, так и вытяжная вентиляция может устраиваться на рабочем месте (местная вентиляция), или для всего помещения (общеобменная вентиляция).

Местная приточная и вытяжная вентиляция

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Местная вентиляция *– такая вентиляция, при которой воздух подают на определенные места (местная приточная вентиляция) и загрязненный воздух удаляют только от мест образования вредных выделений (местная вытяжная вентиляция).*

Местная вентиляция требует меньших затрат, чем общеобменная. В производственных помещениях при выделении вредностей (газов, влаги, теплоты и т. д.) обычно применяют смешанную систему вентиляции — общую для устранения вредностей во всем объеме помещения и местную (местные отсосы и приток) для обслуживания рабочих мест.

Местную вытяжную вентиляцию применяют, когда места выделения вредных веществ и выделений в помещении локализованы, и можно не допустить их распространения по всему помещению.

Местная вытяжная вентиляция в производственных помещениях обеспечивает улавливание и отвод вредных выделений: газов, дыма, пыли и частично выделяющегося от оборудования тепла. Для удаления вредностей применяются местные отсосы (укрытия в виде шкафов, зоны, бортовые отсосы, завесы, укрытия в виде кожухов у станков и др.)

ONLINE ВИДЕО

Обзор компактных приточно-вытяжных установок

Местные вытяжные системы вентиляции, как правило, весьма эффективны, так как позволяют удалять вредные вещества непосредственно от места их образования или выделения, не давая им распространиться в помещении. Благодаря значительной концентрации вредных веществ (паров, газов, пыли), обычно удается достичь хорошего

санитарно-гигиенического эффекта при небольшом объеме удаляемого воздуха.

Однако местные системы вентиляции не могут решить все задачи, стоящие перед вентиляцией. Не все вредные выделения могут быть локализованы этими системами.

Например, когда вредные выделения рассредоточены на значительной площади или в объеме, подача воздуха в отдельные помещения не может обеспечить необходимые условия воздушной среды. То же самое, если работа производится на всей площади помещения или ее характер связан с перемещениями и т. д.

ONLINE ВИДЕО

Приточная или приточно-вытяжная вентиляция? Что выбрать?

Общеобменная вентиляция

Общеобменные системы вентиляции — как приточные, так и вытяжные, предназначены для осуществления вентиляции в помещении в целом или в значительной его части. Общеобменные вытяжные системы относительно равномерно удаляют воздух из всего обслуживаемого помещения, а общеобменные приточные системы подают воздух и распределяют его по всему объему вентилируемого помещения.

Общеобменная приточная вентиляция устраивается:

- для ассимиляции избыточного тепла и влаги;
- для разбавления вредных концентраций паров и газов, не удаленных местной и общеобменной вытяжной вентиляцией;
- для обеспечения расчетных норм и свободного дыхания человека в рабочей зоне.

ПРИМЕЧАНИЕ

При отрицательном тепловом балансе, то есть при недостатке тепла, общеобменную приточную вентиляцию устраивают с механическим побуждением и с подогревом всего объема приточного воздуха.

Как правило, перед подачей воздух очищают от пыли. При поступлении вредных выделений в воздух цеха количество приточного воздуха должно полностью компенсировать общеобменную и местную вытяжную вентиляцию.

Общеобменная вытяжная вентиляция. Простейшим типом общеобменной вытяжной вентиляции является **отдельный вентиля-**

тор (обычно осевого типа) с электродвигателем на одной оси, расположенный в окне или в отверстии стены.

Такая установка удаляет воздух из ближайшей к вентилятору зоны помещения, осуществляя лишь общий воздухообмен. В некоторых случаях установка имеет протяженных вытяжной воздуховод.

ПРАВИЛО 1

Если длина вытяжного воздуховода превышает 30–40 м и, соответственно, потери давления в сети составляют более 30–40 кг/м^2, то вместо осевого вентилятора нужно устанавливать вентилятор центробежного типа.

ПРАВИЛО 2

Когда вредными выделениями в цехе являются тяжелые газы или пыль и нет тепловыделения от оборудования, вытяжные воздуховоды нужно прокладывать по полу цеха или выполнять в виде подпольных каналов.

В промышленных зданиях, где имеются разнородные вредные выделения (теплота, влага, газы, пары, пыль и т. п.), и их поступление в помещение происходит в различных условиях (сосредоточенно, рассредоточенно, на различных уровнях и т. п.), часто невозможно обойтись какой-либо одной системой, например, местной или общеобменной. В таких помещениях для удаления вредных выделений, которые не могут быть локализованы и поступают в воздух помещения, применяют **общеобменные вытяжные системы**. В определенных случаях в производственных помещениях наряду с механическими системами вентиляции, используют системы с естественным побуждением, например, системы аэрации.

Канальная и бесканальная вентиляция. Системы вентиляции либо имеют разветвленную сеть воздуховодов для перемещения воздуха (канальные системы), либо каналы-воздуховоды могут отсутствовать, например, при установке вентиляторов в стене, в перекрытии, при естественной вентиляции (бесканальные системы).

ONLINE ВИДЕО

Типы вентиляционных систем	*Виды систем вентиляции*	*Вентиляционные системы – принцип работы*
Дешевая и надежная вентиляция в частном доме!	*Вентиляция в подвале, погребе, гараже без вентилятора*	*Вентиляция в доме своими руками. Современная пластиковая система вентиляции*
Вентиляция на производстве	*Простая и надежная система вентиляции в доме*	*Раздельная вентиляция ванны и туалета. Тихий санузел*

ГЛАВА 40

ВЕНТИЛЯТОРЫ

Классификация вентиляторов по конструкции и принципу действия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Вентилятор *– это механическое устройство, предназначенное для перемещения воздуха по воздуховодам систем вентиляции, а также для осуществления прямой подачи воздуха в помещение либо отсоса из помещения, и создающее необходимый для этого перепад давления.*

По **конструкции и принципу действия** вентиляторов:

- радиальные (центробежные);
- осевые;

диаметральные.

В зависимости от состава перемешиваемой среды и условий эксплуатации:

- обычные — для воздуха (газов) с температурой до 800 °С и концентрацией пыли не более 100 мг/м^3;
- коррозионностойкие — для сред с повышенной влажностью, загрязненных химическими компонентами, и не содержащих липких и волокнистых материалов;
- термостойкие — для воздуха (газов) с температурой до 2000 °С;
- взрывобезопасные — для взрывоопасных сред;
- пылевые — для воздуха запыленного твердыми примесями более 100 мг/м^3;
- дымоудаления — для удаления дымовоздушных смесей с температурой до 4000 °С (2 ч) и до 6000 °С (ч) при пожаре.

По месту установки вентиляторы:

- обычные вентиляторы — устанавливаются на специальной опоре (рама, фундамент);
- канальные вентиляторы — устанавливаются непосредственно в воздуховоде;
- крышные вентиляторы — размещаются на кровле.

ПРИМЕЧАНИЕ

Чем больше окружная скорость вращения колеса вентилятора, тем больше шума он создает при работе. В связи с этим при одном и том же числе оборотов больший шум исходит от вентиляторов больших размеров.

ПРАВИЛО

Шум у одного и того же вентилятора больше при уменьшении его КПД.

ONLINE ВИДЕО

Типы и конструкция вентиляторов

Вентиляторы подбираются по аэродинамическим характеристикам, составленным на основе испытаний и предоставленных в каталогах производителей.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Аэродинамические характеристики вентилятора *— это графики, выражающие зависимость давления, развиваемого вентилятором, потребляемой мощности и коэффициента полезного действия от его подачи при постоянной частоте вращения рабочего колеса.*

Вентиляторы могут **поставляться**:

- или самостоятельно;
- или в составе вентиляционного агрегата, приточных установок, в кондиционерах, фанкойлах и т. д.

ONLINE ВИДЕО

Вентиляторы. Классификация. Основные параметры

Радиальные вентиляторы

Радиальные вентиляторы представляют собой расположенное в спиральном кожухе рабочее колесо, при вращении которого, воздух, попадающий в канал между его лопатками, двигается в радиальном направлении к периферии колеса, сжимается и под действием центробежной силы отбрасывается в спиральный кожух и далее направляется в нагнетательное отверстие.

Применяют вентиляторы:

- низкого давления (до 1 кПа);
- среднего давления (до 3 кПа);
- высокого давления (до 12 кПа).

Т. е. вентиляторы способны перемещать воздух по воздуховодам на значительные расстояния и развивать давление до 12 кПа.

ПРИМЕЧАНИЕ

В зависимости от назначения вентилятора, лопатки рабочего колеса изготавливают загнутыми вперед или загнутыми назад. Применение радиальных вентиляторов с лопатками, загнутыми назад, позволяет экономить электроэнергию на 20 %, а вентиляторы с лопатками, загнутыми вперед, достигают требуемого результата по расходу и напору воздуха, занимая меньше места и создавая меньше шума.

Количество лопаток бывает различным. Прохождение воздушного потока через радиальный вентилятор показано на **рис. 40.1**.

Радиальные вентиляторы:

- выпускаются с восьмью положениями кожуха;
- могут иметь правое и левое вращение, одностороннее и двухстороннее всасывание;
- бывают на одном валу с электродвигателем или с клиноременной передачей.

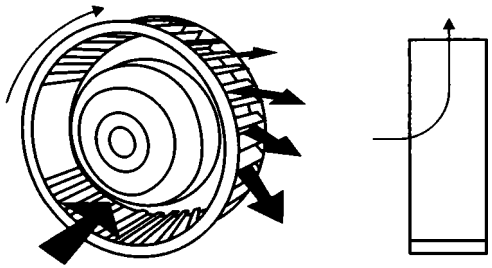


Рис. 40.1. *Прохождение воздушного потока через радиальный вентилятор с загнутыми вперед лопатками*

ONLINE ВИДЕО

Радиальные центробежные вентиляторы ВЦ	*Осевые и радиальные вентиляторы*	*Что нужно знать для подбора радиального вентилятора*

Осевые вентиляторы

Осевые вентиляторы представляют собой расположенное в цилиндрическом кожухе колесо из консольных лопастей, закрепленных на втулке под углом к плоскости вращения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Рабочее колесо чаще всего насаживается непосредственно на ось электродвигателя.

При вращении колеса воздух захватывается лопастями и перемещается в осевом направлении, перемешивание воздуха в радиальном направлении практически отсутствует. При установке на входе в вентилятор коллектора аэродинамические характеристики работы вентилятора значительно повышаются.

ONLINE ВИДЕО

Осевые вытяжные вентиляторы

ONLINE ВИДЕО

Как работает осевой компрессор или вентилятор

Осевые радиаторы **имеют больший КПД** по сравнению с радиальными и диаметральными вентиляторами.

Как правило, такие вентиляторы применяются для подачи значительных расходов воздуха при малых аэродинамических сопротивлениях сети.

Прохождение воздушного потока через осевой вентилятор показано на **рис. 40.2**.

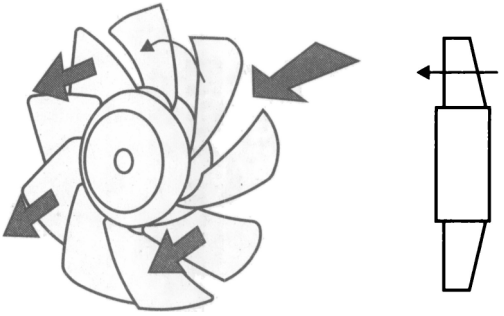


Рис. 40.2. Прохождение воздушного потока через осевой вентилятор.

Диагональные вентиляторы

Радиальная крыльчатка вызывает увеличение статического давления в связи с центробежной силой, действующей в радиальном направлении.

ПРИМЕЧАНИЕ

У осевой крыльчатки не возникает эквивалентного давления, поскольку воздушный поток является нормально осевым.

Диагональные вентиляторы являются смешением радиальных и осевых вентиляторов. Воздух движется в осевом направлении, а затем в лопастном колесе он отклоняется на 45°. Радиальная составляющая скорости, которая увеличивается таким отклонением, вызывает некоторое увеличение давления посредством центробежной силы. Можно достичь эффективности до 80 %. Прохождение воздушного потока через диагональный вентилятор показано на **рис. 40.3**.

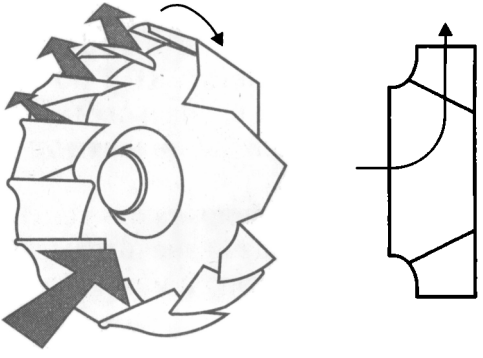


Рис. 40.3. Прохождение воздушного потока через диагональный вентилятор

Диаметральные вентиляторы

По сравнению с другими типами вентиляторов диаметральный вентилятор характеризуется более высокими аэродинамическими параметрами. Они создают плоский равномерный поток воздуха большой ширины. Компоновка этих вентиляторов позволяет осуществлять поворот потока воздуха в широких пределах.

ПРИМЕЧАНИЕ

За счет компактности своих размеров они существенно сокращают объем, занимаемый в вентиляционной установке.

Диаметральные вентиляторы получили широкое применение в различных агрегатированных установках вентиляции и кондиционирования (фанкойлы, воздушные завесы, внутренние блоки сплит-систем). Прохождение воздушного потока через диагональный вентилятор показано на **рис. 40.4**.

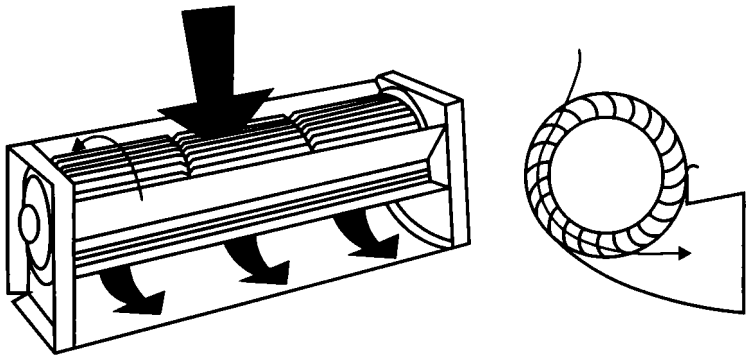


Рис. 40.4. *Прохождение воздушного потока через диаметральный вентилятор*

Область применения и подбор вентиляторов

Вентиляторы могут поставляться:

- самостоятельно;
- в составе вентиляторного агрегата;
- в составе вентиляционной секции;
- в составе агрегатированных приточных установок, в кондиционерах, в воздушных завесах, в воздухоочистителях, фанкойлах;

- в сплит-системах, шкафных кондиционерах и других вентиляционных установках.

Как уже отмечалось выше, в системах вентиляции и кондиционирования применяются осевые, радиальные и диаметральные вентиляторы.

Диаметральные вентиляторы, как правило, поставляются в составе оборудования (кондиционеров, фанкойлов и пр.) и характеризуются не только конкретным расположением (компоновкой), но и жесткой привязкой к определенной модели этого оборудования. В вентиляционных сетях диаметральные вентиляторы используются крайне редко.

Осевые и радиальные вентиляторы могут использоваться:

- или в определенных моделях оборудования (вентиляционных агрегатах, конденсаторных установках и пр.);
- или в составе систем вентиляции и кондиционирования.

В последнем случае конкретные модели вентиляторов подбираются расчетом.

СОВЕТ

При установке вентилятора в вентиляционную сеть рекомендуется предусматривать прямые участки стабилизации воздушного потока с обеих сторон от вентилятора для уменьшения аэродинамических потерь, связанных с турбулизацией потока.

Минимальные длины стабилизирующих участков составляют:

- 1,5 диаметра колеса вентилятора на всасывании;
- 3 диаметра колеса вентилятора на нагнетании.

ПРАВИЛО

У всех вентиляторов генерация шума увеличивается с возрастанием окружной скорости вращения колеса. В связи с этим при одном и том же числе оборотов больший шум исходит от вентиляторов больших размеров.

Кроме того, шум у одного и того же вентилятора больше при уменьшении его КПД. Уменьшение шума вентиляторных установок может быть достигнуто непосредственно в самой установке и предотвращением его распространения в окружающее пространство.

Снижение шума самого вентилятора возможно:

- при уменьшении скорости вращения рабочего колеса;
- при повышении КПД вентилятора;
- при улучшении аэродинамических характеристик подводящих и отводящих воздуховодов.

Для уменьшения шума в сети воздуховодов:

- устанавливают шумоглушители;
- облицовывают корпуса вентиляторов звукоизоляционными материалами;
- установливают вентиляторы в специальные звукоизоляционные кожухи.

ONLINE ВИДЕО

Подбор канального вентилятора	*Как подобрать вентилятор по графику*	*Осевой или гибридный бытовой вентилятор?*
Вентиляторы. Как подобрать вентилятор для дома и квартиры	*Как ПРАВИЛЬНО выбрать сечение воздуховода. Рассказываем секреты*	*Промышленные вентиляторы. Задачи, виды, подбор*

ГЛАВА 41

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

Клапаны и фильтры

Перед вентилятором обязательно устанавливается:

- обратный клапан (воздушный клапан);
- фильтр.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Обратный клапан (воздушный клапан) *– это механическое устройство, которое не позволяет наружному воздуху попадать в сеть воздуховодов при неработающей вентиляции.*

Фильтр осуществляет очистку свежего воздуха, задерживает на себе пыль, мелких насекомых, пыльцу растений. Требует периодически чистки, не забывайте об этом.

ONLINE ВИДЕО

Где и зачем нужно устанавливать воздушный клапан в системах вентиляции?	*Клапан приточной вентиляции. Отвечает инженер-проектировщик*	*Тест фильтров для вентиляции*

Калориферы

Калориферы (нагреватели) — подогревают при необходимости воздух, который подается в помещение с улицы. Они бывают двух типов:

- водяной калорифер (теплоноситель — вода);
- электрический калорифер (теплоноситель — электричество).

В первом варианте, если в здании есть котел, то осуществляется подогрев приточного воздуха водой. Для этого от котла ведется контур (две трубы в изоляции) к месту установки приточной системы и подключается к водяному калориферу.

Недостатком водяного калорифера является стоимость дополнительных сантехнических работ и высокая стоимость регулирующей автоматики, а также риск «размораживания» теплообменника калорифера.

Достоинством являются низкие эксплуатационные затраты и пожаробезопасность системы.

Минусом электрического калорифера будут большие эксплуатационные затраты, по сравнению с водяным калорифером. Плюсом — более низкая стоимость регулирующей автоматики.

ONLINE ВИДЕО

Регулирование теплообменника приточной установки в системах вентиляции

Сеть воздуховодов

Воздуховоды изготавливаются из оцинкованной стали. Могут быть круглого сечения или прямоугольного. Именно через сеть воздуховодов воздух:

- или поступает в помещение (если это приточная система);
- или удаляется (если эта система вытяжная).

ПРИМЕЧАНИЕ

Допускается использование гибких воздуховодов при сравнительно небольшой сети воздуховодов и соединяющих элементов (тройники, крестовины — фасонные изделия, изготавливаемые из оцинкованной стали).

Сети гибких воздуховодов **характеризуются**:

- небольшим сроком службы;
- сравнительной дешевизной в отличие от жестяных воздуховодов.

ONLINE ВИДЕО

Воздуховоды для систем вентиляции	*Вентиляция в доме своими руками. Современная пластиковая система вентиляции*	*Воздуховоды и воздухораспределители в системах вентиляции и кондиционирования воздуха*

Воздухораспределительные устройства

Это решетки, диффузоры, анемостаты. Через воздухораспределитель, устанавливаемый на воздуховоде, воздух попадает непосредственно в помещение. Это может быть и прямоугольная решетка, вытянутая или квадратная, и диффузор, и анемостат. Всегда есть вариации по дизайну, цвету и форме.

ONLINE ВИДЕО

Какие бывают диффузоры для систем вентиляции и кондиционирования	*Щелевые линейные решетки-диффузоры скрытого монтажа от производителя*	*Какие вентиляционные решетки выбрать. Щелевые и необычные вентиляционные решетки*

Шумоглушитель

Шумоглушитель представляет собой шумопоглощающее устройство, напоминающее собой метровый отрезок воздуховода с размещенным внутри шумопоглощающим материалом.

Обычно устанавливается после вентоборудования в линию сети воздуховодов. Значительно снижает шум от вентоборудования, а каче-

ственно продуманное проектантом решение по шумоизоляции системы позволяет избавиться от каких-либо шумов.

ONLINE ВИДЕО

Шумоглушители в системах вентиляции и кондиционирования	*Как подобрать шумоглушитель*	*Как работает шумоглушитель с вентилятором?*

Охладитель

Охладитель бывает двух видов:

- водяной охладитель;
- фреоновый испаритель.

Он представляет собой так называемый **центральный кондиционер**. Его функция противоположна функции калорифера. Если калорифер подогревает воздух в холодное время года, то охладитель его охлаждает в теплое время года.

Водяной охладитель требует холодной воды и может ее получить от холодильной машины — **чиллера**. Его можно установить в незаметном месте за домом.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Чиллер *— это устройство, в котором охлаждается вода, через гидромодуль, систему труб подается к водяному охладителю.*

Для фреонового испарителя источником холода является фреон, а холодильной машиной — компрессорно-конденсаторный блок. Также может быть установлен достаточно далеко от охладителя. **Различие видов охлаждения** можно разделить на две группы:

- технические;
- экономические.

Технически водяное охлаждение более устойчивое в работе, надежнее и позволяет очень точно поддерживать температуру. Но эко-

номически такие системы более дорогие, чем с использованием фреоновой системы охлаждения.

СОВЕТ

При использовании охлаждения свежего воздуха все приточные воздуховоды должны быть хорошо теплоизолированы.

Это объясняется тем, что температура приточного воздуха и температура внутреннего различна, и есть опасность появления конденсата на воздуховоде.

ONLINE ВИДЕО

Нагреватели и охладители воздуха в системах вентиляции и кондиционирования	*Вентиляция с канальным кондиционером, (ККБ) охлаждением для квартиры или дома*	*TPM1033. Фреоновый охладитель*

Автоматика

Автоматика — система управления вентиляторами, калориферами. С помощью автоматики управляют работой вентилятора, калорифера.

ONLINE ВИДЕО

Автоматика систем вентиляции и центрального кондиционирования	*Автоматика для систем вентиляции*	*Система автоматики вентиляционной установки*

ГЛАВА 42

РЕМОНТ ВЕНТИЛЯЦИИ
И ПРОФИЛАКТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Очистка вентиляции

В процессе эксплуатации систем вентиляции в воздуховодах происходит накопление отложений пыли, жира и мусора. Это приводит к ухудшению параметров воздуха в помещении и необходимости чистки вентиляции.

Загрязненные воздуховоды систем вентиляции создают возможность возникновения пожаров, что является еще одним доводом в пользу важности очистки вентиляции. Скопившиеся в вентиляционном оборудовании и воздуховодах отложения легко воспламеняются, и вместе с воздухом внутри воздуховодов огонь может быстро распространяться по всему зданию.

ВНИМАНИЕ

Если система вентиляции, кроме транспортировки воздуха, предназначена для его нагрева, охлаждения и увлажнения, то жировые и пылевые отложения создают благоприятную почву для возникновения опасных для человека клещей, бактерий, роста грибов и других болезнетворных микроорганизмов.

Если периодически не проводить чистку вентиляции, то со временем микроорганизмы могут отрываться от поверхности воздуховодов и переноситься потоком воздуха в помещения.

Такие заболевания, как грипп, «болезнь легионеров», а также атипичная пневмония (SARS) могут передаваться через вентиляцию от зараженного человека к здоровому.

Безусловно, не качество воздуха является основной причиной таких заболеваний, но способствует их развитию — еще один довод важности чистки вентиляции.

Работы по очистке воздуховодов проводятся с применением современного оборудования, в том числе — роботов, что позволяет выполнить работы быстро и с отличным качеством.

Все работы по очистке систем вентиляции и кондиционирования должны проводить только специализированные организации с использованием современных технологий и оборудования, имеющие соответствующее санитарно-эпидемиологическое заключение.

ONLINE ВИДЕО

Пыль в вентиляции чистка воздуховодов. Какое оборудование покупать для чистки вентиляции?	*истка вентиляционной шахты. Как в домашних условиях проверить работу вентиляции*	*Очистка вентиляции от жира. Чистка воздуховодов от горючих отходов в ресторане*

Типовые неисправности вентиляционных систем

Наиболее **распространенными неисправностями вентиляционных систем** являются:

- нарушение герметичности дверей в камерах;
- нарушение целостности коробов и шахт;
- появление неплотностей в соединениях;
- повышение сопротивления воздуховодов.

В результате этих неисправностей ухудшается работа вентиляции. Вследствие этого наблюдается неудовлетворительный воздухообмен, происходит ускорение коррозии стальных кровель и увеличивается расход электроэнергии.

Неплотности в воздуховодах и оборудовании возникают из-за их проржавления, некачественного выполнения монтажных работ при недостаточной затяжке соединений, отсутствия проектных крепежных

деталей и т. д. **Неплотности в коробах** могут быть определены визуально или по отклонению пламени свечи, передвигаемой вдоль короба.

Повышение сопротивления воздуховодов обычно происходит, когда при небрежном монтаже или ремонте в воздуховоды попадают различные предметы или строительный мусор. Этот дефект устраняется прочисткой каналов.

Некачественный монтаж вентилятора влечет за собой недостаточную производительность системы. Данная неполадка устраняется:

- уменьшением зазора между кромкой переднего диска рабочего колеса и кромкой патрубка центробежного вентилятора;
- очисткой вентилятора от грязи;
- сменой рабочего колеса, если лопатки его изношены или проржавели;
- изменением направления вращения осевого вентилятора с несимметричными лопатками;
- изменением расположения входного и выходного патрубков у центробежного вентилятора;
- ликвидацией неплотностей в воздуховодах.

Нарушение комфортабельности помещений часто происходит вследствие повышенного шумового эффекта при работе вентиляционных систем.

Шум в системе вентиляции возникает в основном по следующим причинам:

- отсутствие гибких брезентовых или резиновых вставок между вентилятором и присоединяемыми к нему воздуховодами;
- вибрация недостаточно прочно закрепленных клапанов и задвижек;
- повышенное число оборотов вентилятора, возникающее вследствие использования вентилятора с колесом меньшего диаметра, чем требуется по проекту;
- глухая заделка воздуховодов в стенах и перекрытиях;
- повышенная вибрация вентиляционного агрегата;
- задевание колеса вентилятора за деформированный кожух.

Перечисленные нарушения устраняются разборкой части вентиляционной системы, устройством гибких вставок, виброизолирующих оснований и шлюзов при проходе воздуховодов через стены и перекрытия, а также заменой деформационного кожуха после выключения вентиляционной системы.

Для снижения шума в воздуховодах до установленного нормами уровня устанавливают **шумоглушители**.

Пластинчатые шумоглушители собирают из отдельных пластин с помощью соединительных планок с отбортовкой. Для этого в каждой

пластине на одном из торцов имеется по восемь резьбовых отверстий. Соединительные планки скрепляют пластины по высоте с помощью болтов, а отбортовка служит направляющими для следующего ряда пластин. Крайние пластины по высоте соединяют на болтах планками без отбортовки. Собранные пластины устанавливают в металлическом кожухе или в строительных конструкциях. В металлическом кожухе имеются направляющие уголки, в которые вдвигаются готовые набранные по высоте пластины.

Сотовый шумоглушитель собирают из отдельных типовых ячеек, устанавливаемых в металлическом кожухе или в строительных конструкциях. При сборке ячейки соприкасаются между собой по высоте и ширине мягкими поверхностями. По длине ячейки соединяют с помощью направляющих уголков.

Трубчатые шумоглушители соединяют между собой с воздуховодами посредством фланцев.

Мягкие вставки нужно устанавливать только на прямых участках, на фланцах длиной 150—200 мм.

ПРИМЕЧАНИЕ

При монтаже не следует допускать смещения одного фланцевого соединения мягкой вставки относительно другого.

На всасывающей линии воздуховодов устанавливают **армированные вставки**.

ONLINE ВИДЕО

Регулировка системы вентиляции дроссель клапанами и диффузорами	*Типичные ошибки вентиляции. Правильный монтаж вентиляции*	*Сервис и техническое обслуживание систем вентиляции и кондиционирования воздуха*

Состав работ по ремонту вентиляционных систем

Устранение неисправностей и обеспечение эффективной работы вентиляционных систем достигаются при текущем и капитальном ремонте.

Состав работ по текущему ремонту вентиляционных систем:

- частичный ремонт вентиляционных приставных коробов в помещениях с укреплением существующих плит и промазкой трещин, а также укрепление вытяжных жалюзийных решеток;
- смена неисправных вытяжных решеток, мелкий ремонт вентиляторов, электродвигателей к ним и калориферов и их наладка и регулирование, ремонт в отдельных местах металлических воздуховодов, укрепление и смена подвесок и средств крепления;
- ремонт в отдельных местах вентиляционных сборных коробов;
- устранение подсоса воздуха в сборных коробах и шахтах;
- исправление шиберов и дроссель-клапанов в шахтах.

Состав работ по капитальному ремонту вентиляционных систем:

- устройство сборных коробов из шлакогипсовых и других плит;
- ремонт сборных коробов с заменой участков их новыми;
- устройство новой, восстановление или переустройство существующей системы вентиляции;
- восстановление вентиляционных шахт и камер;
- ремонт и замена калориферов;
- ремонт и замена вентиляционного оборудования;
- все строительные работы, связанные с капитальным ремонтом или устройством новой системы вентиляции.

ONLINE ВИДЕО

Ремонт и пуско-наладка системы вентиляции	*Техническое обслуживание приточно-вытяжной вентиляции*	*Слесарь по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования*

Сдача систем вентиляции и кондиционирования в эксплуатацию после ремонта

Приемка систем кондиционирования и вентиляции воздуха производится на основании результатов испытаний и регулирования, а также наружного осмотра и проверки работоспособности, смонтированных в процессе производства ремонта устройств.

При приемке вентиляционных устройств:

- устанавливается качество ремонтных работ и соответствие смонтированных установок проекту;
- проверяются показатели вентиляционных установок и совпадение их с проектными данными;
- выявляют, насколько при работе вентиляционных установок снижается концентрация в пределах допустимой.

Эффективность вентиляционных установок контролируется при непрерывной работе всех вентиляторов, калориферов, электрических двигателей, фильтров и увлажнительных установок в течение 6—8 часов.

Допускаются следующие **отклонения от проектных данных**, %:

- объем перемещаемого воздуха ..... ±10;
- скорость движения воздуха в вентиляционных решетках..... ±10;
- температура подаваемого воздуха ..... ±2;
- влажность воздуха .....±5.

Испытание заключается в проверке правильности работы вентиляторов, калориферов, электрических двигателей и фильтров в соответствии с установленными проектными данными.

На основании данных испытаний дается **общая оценка эффективности работы** системы и составляется **приемочный акт**, а на каждую вентиляционную установку — **паспорт**, в который заносятся данные, характеризующие основные элементы установки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Технический паспорт должен содержать описание установки, техническую характеристику ее работы и результаты проверки гигиенической эффективности.

Паспорт составляется в двух экземплярах, один из которых хранится у обслуживающего персонала, а другой у лица, осуществляющего контроль над эксплуатацией вентиляционной системы.

Основная задача **регулирования** — это получить на всех участках воздуховодов предусмотренные проектом расходы воздуха.

ПРИМЕЧАНИЕ

Наибольшую трудность представляет регулирование систем вентиляции с механическим побуждением при их подаче, большей или меньшей, чем требуется по проекту.

В этом случае первичное регулирование производится одним из двух способов:

- изменением характеристики работы сети путем увеличения или уменьшения суммарного;
- изменением характеристики работы вентилятора путем увеличения или уменьшения частоты его вращения.

После регулирования вентилятора по развиваемому им давлению и подаче в соответствии с проектными данными производят **регулирование сети воздуховодов**.

СОВЕТ

Регулирование сети воздуховодов следует начинать с ответвлений, ближайших к вентилятору.

С помощью дроссель-клапанов или шиберов на ответвлениях создаются дополнительные сопротивления, чтобы количество перемещаемого по ответвлениям приточного или удаляемого воздуха соответствовало проектным данным.

Излишки воздуха передаются к участкам, где обнаруживается занижение расхода воздуха по сравнению с предусмотренным по проекту. При отсутствии на ответвлениях регулирующих устройств дополнительные сопротивления создаются путем установки диафрагм, изготовляемых из кровельной стали.

ПРИМЕЧАНИЕ

Регулирование считается законченным, когда расходы воздуха через приточные или вытяжные отверстия будут доведены до расчетных величин или будут весьма мало от них отличаться с допустимой погрешностью не более ±10 %.

Также следует учитывать, что при необходимости увеличения подачи воздуха центробежными вентиляторами сверх проектной нормы потребляемая ими мощность возрастает.

Центробежные (радиальные) вентиляторы следует включать в работу при закрытой задвижке, чтобы не перегреть электрический двигатель.

У **осевых вентиляторов** максимальный расход мощности наблюдается при нулевом расходе, поэтому они могут включаться в работу при открытых задвижках.

ПРИМЕЧАНИЕ

После пуска вентиляторов необходимо следить по амперметру, включаемому в сеть, за работой электрического двигателя, не допуская его перегрева.

Вытяжные гравитационные вентиляционные системы с естественным побуждением регулируют при наружной расчетной температуре + 5 °С. Расход воздуха регулируется с помощью жалюзийных решеток поканально, начиная с вытяжных отверстий, каналов, идущих из нижнего этажа и наиболее близко расположенных к вытяжной шахте.

Обычно эти каналы работают усиленно, нарушая тем самым работы остальных каналов. При окончании регулирования каналов первого этажа приступают к регулированию каналов последующих этажей.

Общий расход воздуха в вентиляционной системе дополнительно регулируется утепленным дроссель-клапаном, устанавливаемым в вытяжной шахте. Помимо жалюзийных решеток для изменения расхода воздуха через тот или иной канал можно применять диафрагму, устанавливая ее в месте перехода отдельных каналов в сборный.

Диафрагма изготовляется из кровельной стали. Если имеется необходимость уменьшения расхода воздуха в каком-нибудь из сборных каналов, то в нем также устанавливают диафрагму.

ПРИМЕЧАНИЕ

Гравитационные системы вентиляции считают отрегулированными в том случае, если они обеспечивают в помещениях расчетные воздухообмены при допустимой наружной вентиляционной температуре.

К акту приемки прилагаются следующие **документы**:

- комплект рабочих чертежей с подписями ответственных за производство монтажных работ лиц о соответствии выполненных в натуре работ этим чертежам или внесенным в них изменениям;
- акты освидетельствования скрытых работ и промежуточной приемки конструкций;

- акт о результатах предпусковых испытаний и наладки систем вентиляции и кондиционирования воздуха;
- паспорт на каждую систему.

В **акте приемки вентиляционных систем** указывают:

- соответствие выполненных работ проекту и требованиям СНиПа (правильность изготовления и монтажа воздуховодов, правильность установки вентиляционного оборудования и регулирующих устройств, надежность крепления устройств, выполнение работ по звукоизоляции вентиляционных агрегатов, устройству вентиляционных каналов, камер и шахт и другие);
- исправное состояние воздуховодов и исправность действия вентиляционного оборудования, кондиционеров и регулирующих устройств;
- оценку качества выполненных работ.

ONLINE ВИДЕО

Вентиляция. Испытания и приемка систем в эксплуатацию	*Вентиляция и кондиционирование. Проект. Монтаж. Ввод в эксплуатацию*	*Техническое обслуживание и ремонт систем вентиляции и кондиционирования*

ГЛАВА 43

ВЕНТИЛЯТОРЫ КОМПЬЮТЕРОВ

Схемы включения

Электрические схемы всех вентиляторов приблизительно одинаковы, с двумя их вариантами можно познакомиться на приведенных ниже схемах (**рис. 43.1** и **рис. 43.2**).

Если один из вентиляторов, расположенных в вашем системном блоке, начал шуметь или тарахтеть больше обычного, то причина, как правило, заключается:

- либо в износе подшипника;
- либо в отсутствии смазки.

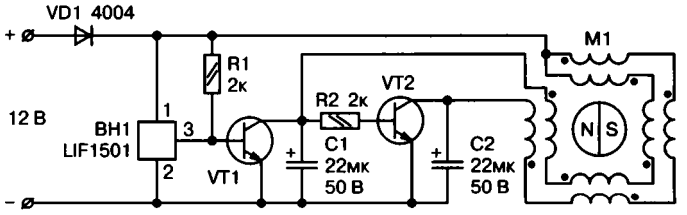


Рис. 43.1. Первый вариант подключения вентилятора

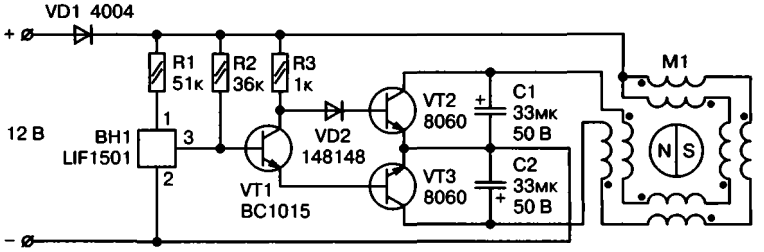


Рис. 43.2. Второй вариант подключения вентилятора

Вентиляторы, применяемые для охлаждения системного блока (Case), процессора (Core), видеокарты (Video card, AGP), винчестера (HDD) и памяти (RAM), различаются размером, конструкцией и типом применимых подшипников.

В вентиляторах используется всего **два вида подшипников**:

- подшипники скольжения, в том числе гидроподшипники;
- подшипники качения — шарикоподшипники.

Есть еще варианты, когда, например, вал вентилятора поддерживается дополнительно магнитным полем и т. д., но это обстоятельство никак не отражается на профилактическом обслуживании и ремонте вентиляторов.

ONLINE ВИДЕО

Мало кто знает об этой функции вентилятора от компьютера!!!	*Так вот для чего нужен третий и четвертый вывод вентилятора!*	*Как и куда подключить дополнительный кулер. Настройка оборотов кулера*

Вентиляторы на шарикоподшипниках

ПРИМЕЧАНИЕ

У всех вентиляторов, применяемых в ПК, нет коллектора, а используется электронный коммутатор обмоток. Поэтому основными деталями, подверженными механическому износу, являются подшипники.

В этих вентиляторах износу могут быть подвергнуты:

- оба шарикоподшипника;
- посадочные места, в которые установлены шарикоподшипники, но последнее случается реже.

ПРАВИЛО

В первую очередь изнашивается тот шарикоподшипник, который находится со стороны крыльчатки, так как он испытывает большие нагрузки.

В большинстве вентиляторов используются **радиальные шарикоподшипники**, причем в конструкции бюджетных вентиляторов не предусмотрена возможность выборки радиального и осевого люфтов. Это приводит к преждевременному износу шарикоподшипников и увеличению шума всего вентилятора.

СОВЕТ

Ремонт вентилятора на шарикоподшипниках целесообразен только в случаях, когда нет возможности найти ему подходящую замену.

Таким вентилятором, например, может быть вентилятор необычной конструкции для ноутбука или видеокарты. В этих случаях можно подобрать похожий по размерам новый вентилятор и переставить из него шарикоподшипники взамен изношенных, если они конечно туда подойдут.

ONLINE ВИДЕО

Как выбрать корпусной вентилятор	*Замена подшипников вентилятора ПК*	*Если вентилятор перестал крутить*
Как выбрать корпусной вентилятор. Роль подшипников	*Какие подшипники используются в вентиляторах?*	*Как разобрать и обслужить кулер (вентилятор) с подшипниками скольжения*

Вентиляторы на подшипниках скольжения

На **рис. 43.3** показан вентилятор на подшипнике скольжения в разрезе.

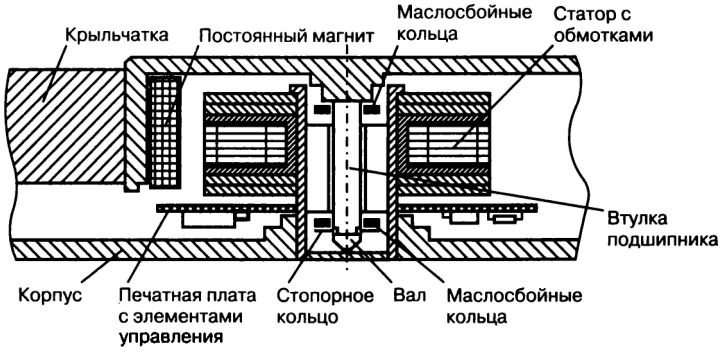


Рис. 43.3. Вентилятор на подшипнике скольжения в разрезе

ПРИМЕЧАНИЕ

В этих подшипниках износу подвергается вал мотора и втулка подшипника.

Причем, в большинстве вентиляторов, используется всего одна втулка, которая охватывает всю свободную длину вала. Однако, в отличие от миниатюрных шарикоподшипников, у подшипников скольжения нагрузка распределяется по значительной площади поверхности подшипника, что при наличии смазки делает эти устройства довольно надежными в эксплуатации.

Причины, по которым начинают шуметь не выработавшие свой ресурс вентиляторы, собранные на подшипниках скольжения, следующие:

- высыхание смазки;
- вытекание смазки;
- использование некачественной смазки;
- отсутствие смазки.

СОВЕТ

Обычный бюджетный вентилятор, работающий по 12 и более часов в сутки, желательно смазывать не реже, чем один раз в год при первой ревизии и через полгода при каждой очередной. Чем чаще делается подобная профилактика, тем меньше износ подшипников и соответствующий ему шум вентилятора.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

О процессе смазки вентиляторов

Вентиляторы, работающие от пониженного напряжения питания, можно смазывать чуть реже.

Высокооборотные вентиляторы малого размера следует смазывать в два раза чаще крупных корпусных и процессорных вентиляторов.

ВНИМАНИЕ

Ни в коем случае не используйте для смазки вентиляторов пищевое растительное масло, густые смазки и технический вазелин!

Можно использовать машинное, веретенное, силиконовое, синтетическое, минеральное, бытовое и другие масла, продающиеся в розничной сети. Если о масле известно больше, чем просто название, то нам подойдет масло, предназначенное **для смазки высокооборотных подшипников скольжения**.

Есть один важный параметр, который легко определить на глаз, это **вязкость**. Даже болтая пузырьки с маслами разной вязкости, можно определить, какое из них более вязкое. Косвенным подтверждением может служить размер капли, который удерживается на рабочей поверхности отвертки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Масло с низкой вязкостью может вытечь из подшипника, не имеющего сальников (а их нет в большинстве бюджетных вентиляторов), а с очень высокой вязкостью может затруднить вращение ротора мотора. Однако любая смазка лучше, чем ее отсутствие.

ONLINE ВИДЕО

ТО вентиляторов с подшипниками скольжения (sleeve bearing)	*Что лучше – качения или скольжения?*	*Ремонт вентилятора видеокарты. Меняем втулку на подшипники*

Последствия отсутствия смазки вентиляторов

После достаточно продолжительной эксплуатации практически любой вентилятор начинает шуметь или останавливается. Остановка вентилятора может привести к весьма плачевным последствиям, вызвать проблемы в работе компьютера и стабильности системы.

Например, остановившийся вентилятор на видеокарте приведет к перегреву графического процессора и при попытке поиграть в «тяжелую» игру компьютер зависнет через очень непродолжительное время. Остановка вентилятора на центральном процессоре может привести к выходу процессора из строя или к частым сбоям в работе системы.

Поэтому, как минимум один раз в год, нужно проводить **профилактику системного блока**. Профилактика, как правило, сводится к удалению из корпуса скопившейся пыли и проверке работоспособности вентиляторов. Крыльчатка вентилятора должна вращаться очень легко и плавно, во время работы вентилятора не должно быть слышно посторонних звуков, треска. Если вентилятор снять и, держа его в руках, включить, то кроме шума воздушного потока не должно быть других звуков.

Если вентилятор остановился или обороты значительно упали, то его необходимо смазать. Это будет намного экономичнее, чем покупка нового вентилятора, и займет несколько минут.

Для смазки вентилятора необходимо подготовить ватную палочку, смоченную спиртом, две иголки и масло. В качестве смазки можно использовать как машинное масло, так и густые смазки типа ЛИТОЛ-а или ЦИАТИМ-а. Вентилятор можно смазать и специальной силиконовой смазкой, которая используется для смазки трущихся частей принтеров, приводов и других устройств.

ONLINE ВИДЕО

Чем смазывать вентиляторы видеокарт	*Правильно смазываем подшипник видеокарты*	*Как легко и быстро смазать кулер в компьютере? Что делать, если гудит или шумит вентилятор?*

ГЛАВА 44

РЕМОНТ УВЛАЖНИТЕЛЕЙ И ИОНИЗАТОРОВ ВОЗДУХА

Традиционные увлажнители

Традиционные увлажнители считаются наиболее подходящими для квартир, особенно для детских комнат. В специальную емкость внутри увлажнителя заливается вода, затем она подается на испарительные элементы.

Встроенный вентилятор прогоняет через них воздух, забирая его из помещения, и выдает наружу уже увлажненным. Эти увлажнители практически бесшумные.

ПРИМЕЧАНИЕ

Воздух не только увлажняется, но и очищается от присутствующей в нем пыли и посторонних частиц.

Такие увлажнители можно использовать для ароматерапии. Увлажнители данного вида потребляют совсем мало электроэнергии (мощность большинства моделей — 40 Вт) и относительно недороги.

Паровые увлажнители

Паровые увлажнители (**рис. 44.1**) имеют широкое распространение. Воду испаряют два электрода. Пока они находятся в жидкости, существует замкнутая электрическая сеть, по которой течет ток, происходит нагрев и испарение. При выкипании всей воды цепь размыкается,

и прибор отключается. Используя кипящую воду, они не только увлажняют воздух, но и нагревают его. Но если подогрева воздуха не требуется или теплый влажный воздух противопоказан, то применять такой увлажнитель не стоит. Эти увлажнители также могут использоваться для ароматизации помещений и в качестве ингалятора.

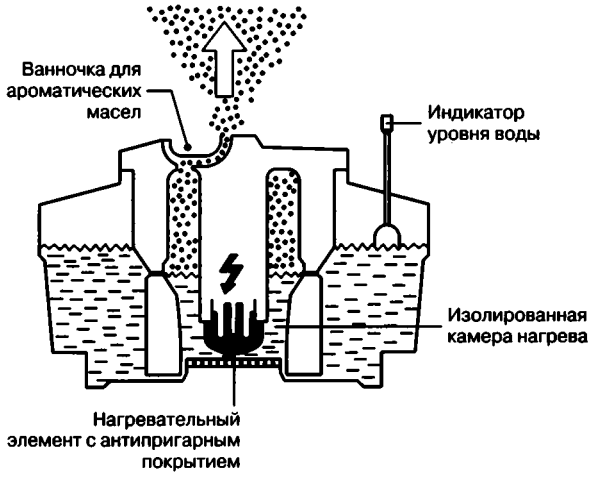


Рис. 44.1. Паровой увлажнитель воздуха

Ультразвуковой увлажнитель

Самый популярный на сегодняшний день — ультразвуковой увлажнитель (**рис. 44.2**).

Принцип действия такого увлажнителя состоит в том, что вода из бачка, попадая на вибрирующую с высокой частотой пластину, расщепляется на мельчайшие брызги. Микроскопические капли образуют своеобразное облако, проходя через которое сухой воздух увлажняется и подается в помещение.

Таким образом, ультразвуковой увлажнитель генерирует «туман» в домашних условиях. Он не создает шум и эффективен в работе.

Выпускаемые пары только на вид кажутся горячими, на самом деле они холодные и влажные, а также абсолютно безопасные для здоровья взрослых и детей. На сегодняшний день ультразвуковые увлажнители самые удобные.

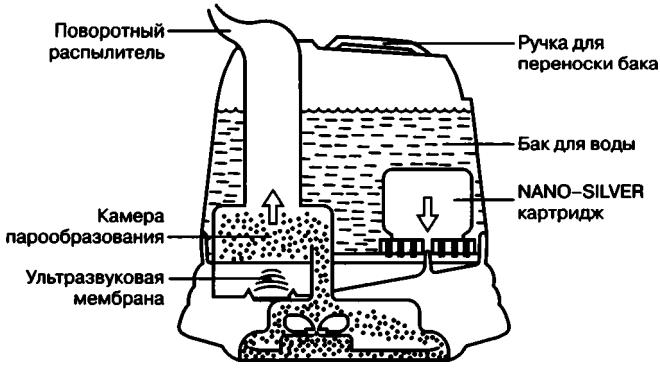


Рис. 44.2. Ультразвуковой увлажнитель воздуха

Классификация ионизаторов воздуха

Ионизаторы воздуха — это специфические очистители воздуха, которые основаны на выработке анионов.

Ионизаторы воздуха непрерывно производят активный кислород и отрицательные ионы, с помощью которых воздух в помещении становится чистым и свежим. Ионизатор воздуха вырабатывает ионы, которые благосклонно влияют на организм, а их отсутствие приводит к угнетению жизненных функций организма. Установлено, что ионы в воздухе, которые вырабатывает ионизатор воздуха, способствуют укреплению иммунитета. Также хорошие результаты получаются при стимуляции с помощью аэроионов заживления ран и ожогов. Замечено, что с присутствием ионов значительно снижается количество бактерий и грибков в помещении.

В зависимости **от способа ионизации молекул кислорода** ионизаторы делятся на такие типы: плазменные; ультрафиолетовые; термические; коронные; радиевые; водяные; электроэффлювиальные.

Плазменные ионизаторы

Плазменный ионизатор — это высоковольтный ионизатор воздуха, работающий вместо угольного фильтра и освобождающий воздух от запахов.

Ультрафиолетовый ионизатор воздуха представляет собой ионизатор с ультрафиолетовой лампой. Он нейтрализует неприятные запахи, очищает и ионизирует воздух в помещении, и что главное — полностью уничтожает с помощью УФ-лампы все бактерии и вирусы внутри прибора.

Электроэффлювиальный ионизатор. Этот метод ионизации воздуха основан на искусственном формировании в воздухе потока легких отрицательных аэроионов кислорода с помощью «тихого» электрического разряда. Аэроионный поток быстро очищает воздух помещения от пыли, аэрозольных частиц, радионуклидов, микроорганизмов и аллергенов. Это самый эффективный тип ионизатора.

ПРИМЕЧАНИЕ

В эпоху глобальной компьютеризации следует знать, что ионизатор, установленный вблизи источников сильных электростатических полей, наведенных зарядами положительной полярности, в 5–10 раз снижает уровень напряженности этих полей, то есть нейтрализирует заряды.

Так как ионизатор действует не только на окружающую среду, а прежде всего, на организм человека, нужно знать о протипоказаниях к эксплуатации прибора **ионизатора**. Не рекомендуется использовать ионизатор:

- в домах, где есть дети возрастом меньше 1 месяца;
- при повышенной чувствительности к ионизированному воздуху;
- при бронхиальной астме с часто повторяющимися и тяжелыми приступами;
- при остром нарушении мозгового кровообращения и послеоперационных состояниях.

Построение ионизатора воздуха

Ионизатор воздуха двухполярный «Аэро Би» представляет собой настольный прибор. Большую часть передней панели занимает решетка для генерации аэроинов в помещение, под ней расположена панель с индикаторами концентрации аэроинов по полярности и название прибора. Органы управления расположены на задней панели (**рис. 44.3**).

Ионизатор имеет **систему электродов**, которые расположены в ионизационной камере:

- коронирующий электрод-игла;
- электрод-сетка.

При подаче высокого напряжения на острие иглы относительно сетки, испускаются ионы. Ток проходит в направлении силовых линий поля. Через ионизационную камеру вентилятором прокачивается воздух, который уносит ионы наружу за пределы ионизационной камеры.

Полярность напряжения между электродами меняется, соответственно, излучаются и уносятся за пределы ионизационной камеры «порции» ионов обеих полярностей.

ПРИМЕЧАНИЕ

С помощью регуляторов в устройстве управления можно менять длительность подачи напряжения на электроды, а также изменять отношение длительностей подач напряжений одной полярности относительно противоположной.

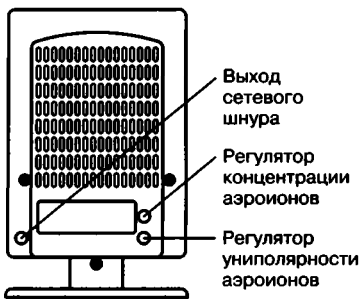


Рис. 44.3. *Задняя панель ионизатора*

Техническое обслуживание ионизаторов

Техническое обслуживание ионизатора заключается в систематическом осмотре и протирке пыли с корпуса влажной чистой тканью в выключенном состоянии.

При этом нельзя пользоваться растворителями, антистатическими растворами или специальными чистящими средствами.

СОВЕТ

Не следует допускать попадания на ионизатор прямых солнечный лучей, пыли и грязи.

Прибор следует оберегать от ударов. Поиск и устранение неисправностей, связанных со вскрытием ионизатора, производят на предприятии-изготовителе.

ONLINE ВИДЕО

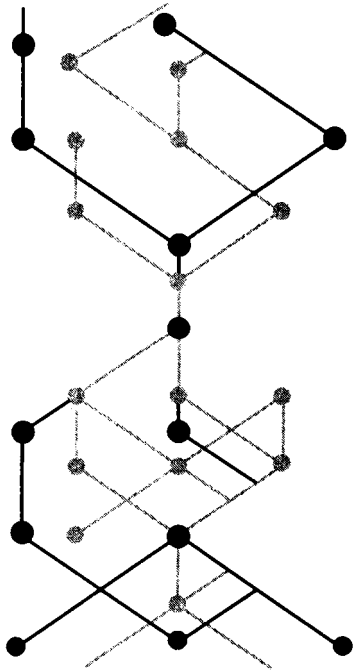
Обзор увлажнителей воздуха. Плюсы и минусы	*Простейший ремонт увлажнителя*	*Увлажнитель воздуха тарахтит, как трактор. Исправляем*
90% поломок увлажнителей воздуха. Как исправить?	*Это должен делать каждый владелец увлажнителя воздуха!*	*Ремонт вентилятора HONGFEI model «HB-7530L12» для увлажнителей воздуха*

ЧАСТЬ

5

РЕМОНТ КОНДИЦИОНЕРОВ И СПЛИТ-СИСТЕМ

- *Принцип действия кондиционеров*
- *Ремонт оконных кондиционеров*
- *Фильтры кондиционеров и сплит-систем*
- *Эксплуатация кондиционера в холодное время года*
- *Основные причины выхода кондиционера из строя*
- *Ремонт кондиционеров и их обслуживание*
- *Ремонт автомобильных кондиционеров*



ГЛАВА 45

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ КОНДИЦИОНЕРОВ

Оконный кондиционер

Оконный кондиционер — моноблочный кондиционер, который монтируется в оконный проем или тонкую стену. По сравнению со сплит-системами «оконник» имеет ряд **недостатков**, среди которых:

- более высокий уровень шума;
- отсутствие выбора места установки.

Кроме того, он ухудшает освещенность помещения. Однако благодаря низким ценам оконные кондиционеры по-прежнему имеют своего клиента. В России «оконники» используются в основном для кондиционирования уличных торговых павильонов и государственных учреждений. Во всем мире, кроме США, оконные кондиционеры постепенно уступают место сплит-системам.

ONLINE ВИДЕО

Оконный кондиционер	*Мобильный оконный кондиционер. Важные моменты эксплуатации*	*Как установить оконный кондиционер*

Достоинства сплит-систем

Сплит-системы состоят из одного наружного и одного внешнего блока. Обладают целым рядом **достоинств**, среди которых:

- высокая эффективность;
- низкий уровень шума;
- свобода выбора места расположения и типа внутреннего блока.

Внутренние блоки бывают настенными, кассетными, канальными, напольными, потолочными, колонными. Нередко один и тот же внутренний блок может устанавливаться как в напольном, так и в потолочном положении.

Наиболее распространены внутренние блоки настенного типа. В количественном выражении на них приходится около 85 % всех продаж сплит-систем. Причина такого положения в сочетании **двух факторов**:

- во-первых, они дешевле сплит-систем других типов;
- во-вторых, в наиболее ходовом диапазоне мощностей от 1,8 до 3,5 кВт они являются единственно возможным вариантом.

К тому же в большинстве вариант с внутренними блоками настенного типа оказывается дешевле.

ONLINE ВИДЕО

В чем разница между кондиционером и сплит-системой?	*Лучшие кондиционеры по качеству и надежности*	*Что нужно знать перед покупкой кондиционера?*

Сплит-системы кассетного и канального типов

Сплит-системы кассетного и канального типов, на которые приходится до 10 % всех продаж, требуют для своей установки наличия подвесного потолка. Эти модели имеют высокую мощность и используются для помещений большого размера.

ПРИМЕЧАНИЕ

Их главный плюс — возможность подмеса свежего воздуха с улицы.

ONLINE ВИДЕО

Что такое канальный кондиционер	*Как работает канальный кондиционер*	*Кассетные кондиционеры*
Что такое кассетный кондиционер	*Особенности кассетного кондиционера*	*Канальный кондиционер с притоком воздуха*

Режимы работы кондиционеров

В основе работы кондиционера лежит перемещение тепла сжиженным газом, который называют **хладагентом**, в процессе перехода его из жидкости в пар и обратно.

Процесс работы кондиционера практически ничем не отличается от процесса работы обычного холодильника.

Температура кипения хладагента намного ниже температуры кипения воды. Например, температура кипения наиболее часто используемого хладагента — фреона R-22 — составляет 5—10 °С, в то время как вода кипит при температуре 100 °С.

ONLINE ВИДЕО

Основные режимы работы кондиционера	*Автоматический режим работы кондиционера*	*Как работает режим вентиляции в кондиционере*

Работа кондиционера в режиме охлаждения

Рассмотрим цикл работы кондиционера в режиме охлаждения. Благодаря работе **компрессора**, размещенного **в наружном блоке**, во внутреннем блоке создается пониженное давление.

Температура хладагента в этот момент равна 5—10 °С, поэтому он начинает кипеть и переходит в пар. Необходимая для этого энергия поступает от теплого воздуха помещения, отдающего часть своего тепла хладагенту.

Охлажденный таким образом воздух возвращается вентилятором внутреннего блока обратно в помещение. В то же время парообразный хладагент, проходя через компрессор наружного блока, сжимается под воздействием высокого давления, и температура его увеличивается до 50—60 °С.

Далее горячий пар охлаждается в наружном блоке и снова превращается в жидкость, отдавая тепло окружающему воздуху при помощи вентилятора наружного блока.

Даже если температура окружающей среды достигает 40—45 °С, она все же ниже температуры хладагента. После конденсатора жидкий хладагент пропускается через капиллярную трубку. Давление при этом резко падает, а температура хладагента вновь опускается до 5—10 °С, в результате чего жидкость снова начинает кипеть в испарителе, поглощая тепло из охлаждаемого помещения.

ONLINE ВИДЕО

Как управлять кондиционером в режиме охлаждения	*Как правильно включить кондиционер на холод. Настройки пульта*	*Кондиционер перестал холодить. Что делать?*

Режимы работы сплит-системы

Большинство современных кондиционеров имеет следующие **режимы работы**:

- охлаждение;
- нагрев;
- осушение;
- вентиляция;
- автоматический.

В **режиме охлаждения** кондиционер понижает температуру воздуха в помещении, сбрасывая излишки тепла на улицу.

В **режиме нагрева**, напротив, система переносит тепло с улицы в помещение.

В **режиме осушение** уменьшается влажность находящегося в помещении воздуха, при этом его температурf остается практически неизменной.

В **режиме вентиляции** не происходит ни охлаждения, ни нагрева, а создается циркуляция находящегося в помещении воздуха и его очистка (при наличии фильтров).

В **автоматическом режиме** кондиционер сравнивает существующую и заданную температуру и сам определяет, что необходимо — нагрев или охлаждение.

Сплит-системы, работающие «только на холод» в автоматическом режиме, выбирают между охлаждением и осушением.

У современных сплит-систем эта операция происходит нажатием двух клавиш [+] и [–]. С их помощью можно отрегулировать желаемое значение температуры с точностью до одного градуса. Установка скорости вентилятора влияет на интенсивность охлаждения или нагрева.

ПРИМЕЧАНИЕ

Чем скорость вентилятора выше, тем больший объем воздуха пропускается через внутренний блок.

У большинства моделей сплит-систем имеются три основные скорости и автоматический выбор скорости вращения. В этом случае микропроцессор сам выбирает скорость вращения в зависимости от разницы между заданной и имеющейся температурой. Чем больше разница, тем выше выбираемая скорость.

ПРИМЕЧАНИЕ

В режиме осушения и при включении «таймера сна» вентилятор работает на самой малой скорости.

Режим «Sleep mode», или таймер сна, создает оптимальные условия для отдыха и позволяет экономить электроэнергию. При нажатии этой клавиши в течение некоторого времени температура снижается на 2 °С, а затем поддерживается с точностью ±2 °С в течение срока, установленного таймером, после чего кондиционер отключается.

В режиме «Sleep mode» скорость вентилятора внутреннего блока фиксируется на минимальном значении, чтобы снизить уровень шума. Иногда «Sleep mode» называют «Econo mode».

Режим «I Feel» переносит точку измерения температуры с внутреннего блока на пульт управления. При включении кнопки «I Feel» кондиционер будет поддерживать заданную температуру именно в той точке, в которой находится пульт, при этом направление воздушного потока не изменяется. Этой функцией стоит пользоваться, если вы один в помещении. Находясь в дальнем углу и выставив охлаждение до +20 °С, можно заморозить тех, кто сидит ближе к внутреннему блоку, так как они окажутся в зоне еще более низких температур.

Включение автоколебаний жалюзи. Нажав на **кнопку [Swing]**, мы задаем автоматическое движение воздухораспределительных заслонок вверх-вниз. Это способствует более равномерному распределению воздушного потока по помещению.

С помощью **клавиши [Air Flow Direction]** можно установить воздушные заслонки в каком-то одном положении. Нередко кнопки управления жалюзи снабжены рисунком, поясняющим суть выполняемых операций.

Таймер на включение/выключение. Как правило, кондиционеры имеют один 24-часовой таймер, позволяющий задать время включения и выключения кондиционера в заранее заданном режиме, однако встречаются и исключения. Например, таймер на 12 ч или один таймер на включение, другой на выключение.

Режим «Turbo». Иногда эта клавиша обозначается как **[Powerful]**. При ее включении кондиционер работает в режиме охлаждения (нагрева) с максимальной скоростью вентилятора до тех пор, пока необходимая температура не будет достигнута. Применяется для скорейшего выхода на режим.

Режим «Auto Restart». Возобновляет работу кондиционера в прежнем режиме при кратковременном отключении электроэнергии. Как правило, сохраняет в памяти параметры настройки в течение 48 ч.

Режим «Hot Start». Если на улице отрицательная температура, а кондиционер включен на обогрев, то первые несколько минут вентилятор внутреннего блока не включается, для того чтобы предотвратить подачу холодного воздуха в помещение.

Инверторное управление мощностью кондиционера возможно при наличии специального блока-инвертора, плавно регулирующего частоту оборотов компрессора в зависимости от необходимой мощности (компрессор обычного кондиционера работает короткими включениями на полную мощность).

ONLINE ВИДЕО

Пульт для кондиционера. Как пользоваться?	*О чем молчат монтажники кондиционеров или как правильно использовать вашу сплит-систему*	*Правильное использования кондиционера. Функции пульта.*

ГЛАВА 46

РЕМОНТ ОКОННЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

Назначение оконных кондиционеров

Бытовые оконные кондиционеры, например, БК-1500/БК-2500 (**рис. 46.1**) используются в жилых, служебных и других помещениях площадью до 25/35 м^2.

Кондиционеры обеспечивают:

- охлаждение воздуха в помещении;
- автоматическое поддержание заданной температуры;
- очистку воздуха от пыли;
- вентиляцию;
- уменьшение влажности воздуха;
- изменение скорости движения и направления воздушного потока;
- воздухообмен с наружной средой.

Все узлы кондиционера смонтированы на металлическом основании. Металлической перегородкой кондиционер разделяется на два герметически изолированных отсека: наружный и внутренний. Внутренний отсек кондиционера, установленного в оконном проеме, находится внутри помещения, а наружный располагается вне помещения.

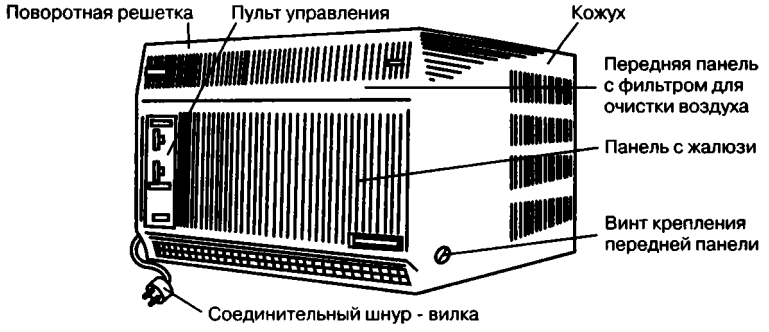


Рис. 46.1. Общий вид кондиционера БК-1500

Основные технические характеристики кондиционера БК-1500

Основные технические характеристики бытового оконного автономного кондиционера БК-1500 с автоматической регулировкой температуры представлены в **табл. 46.1**.

Основные технические характеристики кондиционера БК-1500 *Таблица 46.1*

Характеристика	Значение
Общие характеристики	
Холодопроизводительность, ккал/ч	1500
Потребляемая мощность, Вт, не более	1000
Номинальное напряжение, В	220
Уровень шума, дБ·А	не более 58
Рабочий ток, А, не более	5
Габаритные размеры, мм	400×600×585
Масса, кг	51
Компрессор ротационный с конденсаторным двигателем	
Холодопроизводительность, ккал/ч	1750
Потребляемая мощность, Вт, не более	854
Рабочий ток, А, не более	4,4
Коэффициент мощности	0,875
Частота вращения двигателя, об/мин	2910
Двигатель вентиляторов двухскоростной, однофазный с короткозамкнутым ротором, конденсаторный	
Номинальное напряжение, В	220
Потребляемая мощность, Вт	40/18
Частота вращения, об/мин:	
максимальная	810
минимальная	625

Основные технические характеристики кондиционера БК-2500

Кондиционер БК-2500 предназначен для установки в помещениях площадью до 35 м^2 и служит для охлаждения воздуха, вентиляции, уменьшения влажности, очистки воздуха от пыли. Прибор дает возможность снижать в помещении температуру на 5—10 °С по сравнению с окружающей средой. Технические характеристики кондиционера БК-2500 представлены в **табл. 46.2**.

Технические характеристики кондиционера БК-2500 *Таблица 46.2*

Характеристика	Значение
Холодопроизводительность, ккал/ч	2500
Потребляемая мощность, Вт	1600
Питающее напряжение, В	220
Электродвигатель вентилятора	Двухскоростной, однофазный, с короткозамкнутым ротором
Номинальная мощность, Вт	60
Частота вращения, об/мин	700–900
Компрессор	Ротационный с конденсаторным электродвигателем
Частота вращения, мин$^{-1}$	2900

Функциональная схема кондиционера

Основными рабочими узлами кондиционера являются:

- холодильный агрегат;
- вентиляторы (осевой и центробежный) с общим электродвигателем;
- пульт управления с пускозащитным устройством.

На **рис. 46.2** показана схема функционирования кондиционера БК-1500.

Герметичный холодильный агрегат состоит из ротационного компрессора (**рис. 46.2**) конденсатора, испарителя, фильтра-осушителя, расширителя и системы трубопроводов.

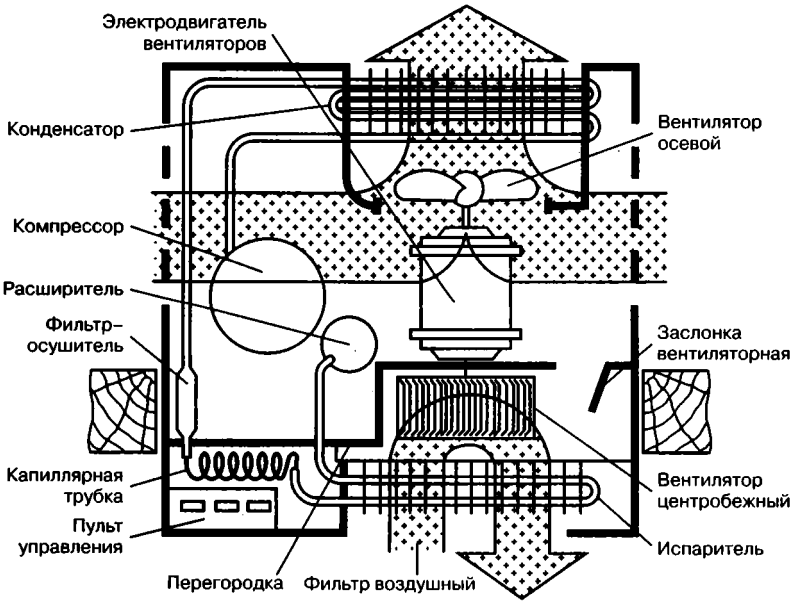


Рис. 46.2. *Кондиционер БК-1500, схема функционирования*

В наружном отсеке расположены: компрессор, конденсатор, осушитель и расширитель. **Во внутреннем отсеке** расположен испаритель.

Система холодильного агрегата заполнена смазочным маслом и хладагентом хладоном-22.

Работа при включенных электродвигателях

При включенных электродвигателях пары хладона нагнетаются компрессором в конденсатор. В конденсаторе происходит конденсация паров за счет отвода тепла наружным воздухом, продуваемым осевым вентилятором.

Далее жидкий хладон поступает через фильтр-осушитель по капиллярной трубке в испаритель. Капиллярная трубка создает перепад давления между конденсатором и испарителем, вследствие чего жидкий хладон переходит в испаритель в газообразном состоянии.

При этом он поглощает большое количество тепла, отнимая его от стенок испарителя и соприкасающегося с ним воздуха, засасываемого центробежным вентилятором из помещения. Охлажденный воздушный поток поступает в помещение через поворотную решетку.

Из испарителя через расширитель пары хладагента отсасываются компрессором, и цикл повторяется.

Осевой вентилятор с двухскоростным электродвигателем, расположенный в наружном отсеке, предназначен для охлаждения конденсатора наружным воздухом, засасываемым через жалюзи в боковые стенки кожуха.

Центробежный вентилятор, установленный во внутреннем отсеке кондиционера, служит:

- для засасывания воздуха из помещения через решетчатую часть декоративной панели, воздушный фильтр и испаритель;
- для нагнетания охлажденного и очищенного от пыли воздуха в помещение через поворотную решетку.

Электродвигатель вентиляторов включается при пуске компрессора, однако он может быть также включен в работу в режиме вентиляции и при отключенной холодильной системе.

Пульт управления с пускозащитным устройством предназначается:

- для пуска, останова и управления работой кондиционера;
- установления желаемой температуры в помещении;
- автоматического поддержания температуры;
- для защиты элементов кондиционера от перегрузки.

Электрическая схема кондиционера БК-1500

Электрическая схема кондиционера показана на **рис. 46.3**.

Пускозащитное устройство состоит из следующих приборов:

- конденсатор пусковой электролитический СПЭ емкостью 60 мкФ для пуска электродвигателя компрессора МК;
- конденсатор рабочий блочный СРБ для обеспечения работы однофазных электродвигателей МБ и МК;
- реле напряжения пусковое РНП для отключения пускового конденсатора СПЭ после пуска двигателя компрессора МК;
- термостат ДРТ (датчик реле температуры) для автоматического управления кондиционером, температура регулирования от 30° до 15 °С;
- реле температурно-токовое РТТ для защиты электродвигателя компрессора МК при перегрузках;
- резистор R типа ОМЛТ-0,5 100 кОм для разрядки пускового электролитического конденсатора СПЭ после его отключения.

Электродвигатель вентиляторов имеет две частоты вращения, что делает возможным регулирование объема вентилируемого воздуха в единицу времени и скорости движения воздушного потока, а также уменьшение шума.

Пластмассовый кожух по сравнению с металлическим имеет меньшую массу, обеспечивает уменьшение теплоотдачи и поглощает шум работающего агрегата.

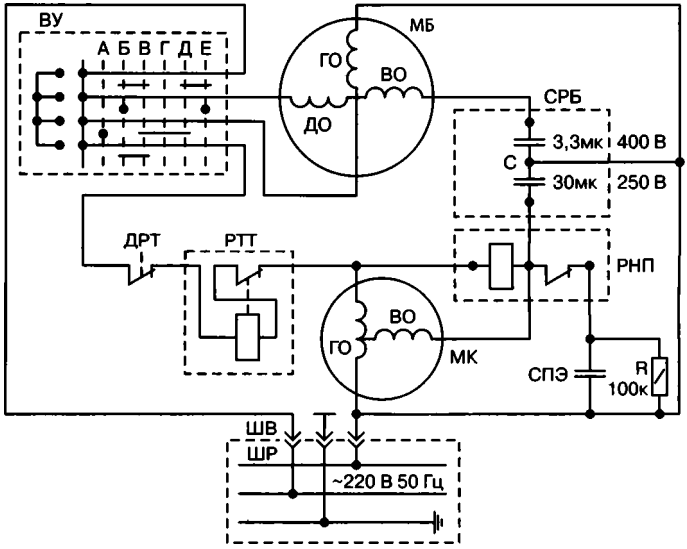


Рис. 46.3. Кондиционер БК-1500, электрическая схема

ONLINE ВИДЕО

Кондиционер БК-1500	*Кондиционеры БК-1500 и БК-2000*	*Монтаж старенького советского кондиционера БК-1500*

ГЛАВА 47

ФИЛЬТРЫ КОНДИЦИОНЕРОВ И СПЛИТ-СИСТЕМ

Разновидности фильтров

ВНИМАНИЕ

Фильтр выполняет функцию очистки воздуха. Также он защищает расположенный за ним испаритель от грязи.

Существуют три вида фильтров: воздушный, электростатический и угольный. **Воздушный фильтр** — металлическая сетка, задерживающая крупные пылинки и механические примеси. Есть практически на всех кондиционерах. **Электростатический фильтр** — сетка из волокон, удерживающих мелкие заряженные частицы, пыльцу, микроорганизмы.

Угольный (карбоновый) фильтр, нередко называемый фильтр-деодоратор. Устраняет табачный дым, запахи и наиболее мелкие частицы пыли.

Фильтры могут быть **грубой** и **тонкой очистки**. Все они делятся по внешнему виду на несколько видов: карманные (мешотчатые); гофрированные; плоские.

В бытовых кондиционерах, за исключением некоторых моделей, где в конструкции изначально предусмотрены различные фильтры, обычно используют плоский тип.

СОВЕТ

Плоский фильтр следует пылесосить или мыть в мыльном растворе 1 раз в 2 недели. Очень важно его устанавливать на работающий кондиционер совершенно сухим.

Карманные и **гофрированные фильтры** устанавливаются в более сложных системах кондиционирования. Они выполнены из синтетической ткани, стоят дороже. Но их рабочие характеристики лучше, чем у плоских фильтров. Складки увеличивают эффективную площадь фильтров, уменьшают падение давления в системе и продлевают срок службы кондиционера.

Периодичность чистки этих фильтров зависит от степени загрязнения окружающей среды: если агрегат установлен вблизи с магистралью, его следует чистить гораздо чаще, чем фильтры агрегата, находящегося рядом, например, с парком.

Срок работы фильтра зависит от интенсивности его загрязнения. Если он засоряется раз в 2 недели, то его полная замена, вероятно, потребуется через 3—4 месяца работы. Ресурс у фильтра небольшой.

Со временем он изнашивается и требует замены. Но это оправданные затраты. Как показывает практика, грязные фильтры ощутимо снижают КПД работы и, к тому же, уменьшают общий расход воздуха.

Обслуживание фильтров внутреннего блока

Рассмотренные выше **плоские фильтры** представляют собой обычную мелкую сетку и расположены под передней панелью, через которую засасывается воздух. Они предназначены для задержания пыли, находящейся в воздухе и защищают от нее не только обитателей комнаты, но и радиатор внутреннего блока.

ПРИМЕЧАНИЕ

По сути, кондиционер работает как пылесос, а фильтры играют роль пылесборника.

Для очистки фильтров, как отмечалось выше, их достаточно промыть в теплой воде и несколько минут просушить. Снять и установить фильтры не сложнее, чем заменить пылесборный мешок в пылесосе (за исключением случаев, кода внутренний блок кондиционера находится на большой высоте).

В инструкции по эксплуатации всегда подробно рассказывается о том, как это сделать. Мыть фильтры, как правило, необходимо один раз в две — три недели. Если в воздухе находится большое количество пыли или копоти, мыть их надо чаще, следя за тем, чтобы они всегда оставались чистыми.

Если же фильтры долгое время не мыть, то будут такие последствия:

- в первую очередь уменьшится обдув радиатора внутреннего блока;
- воздух в помещении будет хуже охлаждаться;
- нарушится режим работы холодильной системы, что может привести к обмерзанию медных трубопроводов.

В этом случае, при выключении кондиционера лед начнет таять, и из кондиционера будет капать вода.

ПРИМЕЧАНИЕ

В дальнейшем, при сильно загрязненных фильтрах, возможно засорение дренажной системы комками пыли и тогда вода из кондиционера польется ручьем. В совсем запущенных случаях на пластинах радиатора нарастает такой слой грязи, что его можно удалить только с помощью сильнодействующих химических очистителей.

Заметим, что чистка фильтров не входит в стандартное гарантийное сервисное обслуживание и должна выполняться потребителем (так же как замена мешков в пылесосе) в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации.

ONLINE ВИДЕО

Все что нужно знать о фильтрах тонкой очистки в кондиционерах	*Вся правда о фильтрах тонкой очистки в кондиционерах*	*Как правильно почистить кондиционер и как промыть фильтры в кондиционере*

ГЛАВА 48

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОНДИЦИОНЕРА В ХОЛОДНОЕ ВРЕМЯ ГОДА

Особенности парка кондиционеров

Практически все модели, продаваемые в России, не адаптированы к работе в зимнее время, то есть нижняя граница температуры наружного воздуха –5 °С. Исключение составляют весь модельный ряд DeLonghi и некоторые модели других фирм-производителей. Причина такого, казалось бы, странного, поведения производителей заключается в том, что:

- **во-первых**, в Россию завозятся те же кондиционеры, что поставляются на европейский и японский рынки, где зима достаточно теплая;
- **во-вторых**, установка в кондиционер всесезонного блока, который позволяет кондиционеру работать при температуре наружного воздуха до –25 °С, увеличивает общую стоимость на 150—200 долларов, что снижает его конкурентоспособность.

ПРИМЕЧАНИЕ

Считается, что самым опасным периодом работы для кондиционера является межсезонье и зимнее время года.

Эксплуатация неадаптированного кондиционера в холодное время года

Эксплуатация неадаптированного кондиционера в холодное время года в первую очередь **уменьшает рабочий ресурс компрессора**.

Кроме этого при включении кондиционера в режим охлаждения конденсат (вода), образующийся во внутреннем блоке, не сможет течь по дренажной трубке наружу из-за ледяной пробки. В результате через полчаса после включения, вода из внутреннего блока польется прямо в комнату.

ПРИМЕЧАНИЕ

Хотя продавцы рекомендуют не использовать воздухоохладитель зимой, агрегаты активно эксплуатируются в качестве обогревателя, отчего часто выходят из строя.

Адаптация к работе в зимний период

ПРИМЕЧАНИЕ

Любую сплит-систему возможно адаптировать к зимним условиям эксплуатации.

Для этого в нее встраивается устройство подогрева картера компрессора и регулятор оборотов вентилятора наружного блока, а также устанавливается «теплый» дренаж.

Одним из критических режимов для кондиционера является **зимний пуск**. В это время года владельцы кондиционеров чаще всего сталкиваются с таким явлением, как обмерзание наружного блока. Бывает так, что вентилятор обрастает сосульками и не может вращаться.

Кроме того, низкая температура воздуха вызывает **загустение масла в компрессоре**. Из-за повышения трения запуск двигателя особенно затруднен. Чтобы избавиться от снежной «шубы», картер компрессора оборачивается греющим кабелем или устанавливаются ТЭНы. Таким образом, масло прогревается, и пуск двигателя проходит безболезненно для кондиционера.

Случается и так, что после долгой эксплуатации в режиме охлаждения переключение кондиционера на режим обогрева может грозить владельцу дозаправкой хладагента.

ПРАВИЛО

Свойства фреона таковы, что при высокой температуре он расширяется, а при низкой, наоборот, сжимается.

После сильных заморозков давление в трубопроводе падает, и агрегат не может функционировать. Для нормализации давления **воздухоохладитель дозаправляется фреоном**. Правда, подобные случаи происходят только с дешевыми моделями.

Другой способ защиты кондиционера от заморозков — **отключение вентилятора во внешнем блоке**: это позволяет предотвратить нарастание льда. Ведь сосульки могут разорвать батарею, находящуюся во внешнем блоке.

СОВЕТ

Для того чтобы контролировать его состояние, специалисты рекомендуют установить температурный датчик. В случае обмерзания он даст команду блоку автоматики отключить вентилятор.

Как правило, в зимнее время у кондиционеров возникают проблемы с **работой тепловых насосов**. Некоторые модели, по паспортным данным, могут работать до −25 °С. Но обычно их КПД начинает снижаться при температуре воздуха −10—15 °С.

ПРИМЕЧАНИЕ

Чем ниже температура, тем хуже тепловой насос справляется со своей задачей.

Гораздо рациональнее использовать кондиционер **в межсезонье** — до того, как центральное отопление начинает работать. Это и экономически выгоднее, и безопаснее для агрегата.

ПРИМЕЧАНИЕ

В зимнее время у большинства бытовых кондиционеров замерзает дренаж — специальная труба, с помощью которой отводится накопившаяся влага.

Когда это происходит, вода начинает выплескиваться в помещение. Для решения этой проблемы существуют **три способа**.

Способ 1. Дренаж оборачивается греющим кабелем, чтобы он не замерзал.

Способ 2. Труба отводится в систему канализации.

Способ 3. Он самый дешевый, это вы можете сделать самостоятельно: вывести из стены дренажную трубу в помещение и опустить ее конец в любую емкость, которую время от времени следует опорожнять.

На некоторых дешевых моделях кондиционеров плата управления устанавливается во внешнем блоке, но при низких температурах этот важный блок выходит из строя. Его замена вам может дорого обойтись.

СОВЕТ

Так что, прежде чем купить кондиционер, поинтересуйтесь, адаптирован ли агрегат к нашим климатическим условиям.

Необходимость в кондиционере, работающем круглый год, может возникнуть в двух случаях:

- **во-первых**, когда требуется охлаждать помещение круглогодично, например, помещение с большим количеством тепловыделяющей техники (серверные, компьютерные залы и т. д.), поскольку охлаждение такого помещения с помощью приточной вентиляции приведет к недопустимому уменьшению влажности воздуха;
- **во-вторых**, в случае обогрева с помощью кондиционера в зимнее время.

ПРИМЕЧАНИЕ

Однако такое использование кондиционера не всегда оправдано, поскольку даже будучи адаптированным к зимним условиям, при температуре наружного воздуха −20 °С производительность (мощность) кондиционера падает в три раза по сравнению с номинальной.

ONLINE ВИДЕО

Можно ли включать автокондиционер зимой?	*Кондиционеры зимой: можно ли включать на обогрев?*	*При какой температуре на улице можно включать кондиционеры зимой и осенью?*

ГЛАВА 49

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ВЫХОДА КОНДИЦИОНЕРА ИЗ СТРОЯ

Особенности работы кондиционера

Кондиционер может работать безотказно довольно долго. Но кондиционеру приходится функционировать в тяжелых условиях.

ПРИМЕЧАНИЕ

К сожалению, ухудшение параметров часто происходит достаточно медленно и незаметно для окружающих. Чтобы кондиционер долго и надежно работал, необходимо, чтобы специалисты систематически наблюдали за ним.

Ведь благодаря своевременному вмешательству можно избежать поломки дорогостоящих деталей агрегата.

Правильно подобранный по мощности кондиционер способен установить и поддерживать комфортную температуру воздуха в помещении (обычно от +16 °С до +28 °С с точностью до 1—2 °С). Диапазон наружных температур, в котором кондиционер работоспособен, хотя и с меньшей мощностью охлаждения (нагрева), шире, и разные фирмы-производители дают разные диапазоны.

ONLINE ВИДЕО

Как определить неисправности кондиционера?	*Диагностика наружного блока сплит-системы*	*Ремонт кондиционера. Замена конденсатора компрессора. Симптомы*

Повышенный шум и вибрация вентилятора

Чаще всего **увеличение шума и появление вибрации** — признак неисправности вентилятора или его элементов: крыльчатки; подшипника.

Проблема может быть либо следствием заводской неисправности, либо ошибок, допущенных при эксплуатации. **Например**, кондиционер работал во время ремонта квартиры. Особенно это опасно при высокой влажности: пыль легко наслаивается на лопастях вентилятора, образуя известковые корки. Вентилятор начинает вибрировать, от этого могут разбиться подшипники.

Бывали также случаи, когда специалисты обнаруживали, что вентилятор вращается в обратную сторону. Это может быть вызвано разными причинами: например, проводились ремонтные работы в электрощите, и электрики перепутали фазы, или мастера из сервисной службы неправильно подключили кабельные выводы на электродвигателе вентилятора.

Бытовые кондиционеры, работающие по холоду, — однофазные. Канальные агрегаты с мощностью от 7 кВт идут с трехфазным подключением. Именно с ними может произойти описанный случай.

ONLINE ВИДЕО

Гул шум вибрация кондиционера	*Как избавиться от вибрации и шума сплит-системы*	*Одна из причин вибрации (шума) кондиционера*

Вред тополиного пуха

ONLINE ВИДЕО

Тополиный пух, или от чего погибает компрессор кондиционера

Летом самый страшный враг кондиционера — казалось бы, безобидный тополиный пух: он забивается между ребрами конденсаторного блока. Пух действует как изолятор, поэтому процесс теплосъема в конденсаторе не происходит.

Из-за засорения змеевика внутренний блок обмерзает и покрывается льдом. При его оттаивании большое количество конденсата переполняет дренажную ванну, и вода может потечь по стене, на которой установлен кондиционер.

Если подобное произошло с вашим агрегатом, то, не мешкая, обратитесь к специалистам. Не стоит самостоятельно вскрывать коробку блока: есть риск случайно повредить другой технический узел.

ВНИМАНИЕ

Часто работникам сервисной службы приходится сталкиваться с тем, что владельцы вскрывают агрегат, пытаясь своими силами отремонтировать кондиционер. Подобными действиями они наносят вред оборудованию. Поэтому лучше управлять работой кондиционера с помощью пульта и следить за чистотой фильтра, а его обслуживание и ремонт доверить сервисным службам.

Утечка фреона

Второй по распространенности причиной выхода кондиционера из строя является нормируемая утечка фреона.

ПРИМЕЧАНИЕ

Нормируемая утечка (около 6—8 % в год) происходит всегда, даже при самом качественном монтаже – это неизбежное следствие соединения межблочного трубопровода путем развальцовки.

Для ее компенсации кондиционер необходимо дозаправлять фреоном каждые 1,5—2 года. Если заправку не проводить более двух лет, то количество фреона в системе упадет ниже допустимого уровня.

ВНИМАНИЕ

Это может иметь самые печальные для кондиционера последствия: компрессор при работе охлаждается фреоном и при его недостатке возможен его перегрев и заклинивание.

А стоимость замены компрессора составляет около половины стоимости нового кондиционера.

Для обнаружения факта утечки необязательно иметь специальное оборудование. **Признаки уменьшения количества хладагента** в системе:

- образование инея или льда на штуцерных соединениях наружного блока (это место, куда подсоединяются медные трубки);
- недостаточное охлаждение воздуха в помещении (разность температур на входе и выходе внутреннего блока должна составлять около 10 °С).

Все вышесказанное относится, в первую очередь, к сплит-системам, однако это справедливо и для оконных кондиционеров.

ПРИМЕЧАНИЕ

Основное отличие — в отсутствии нормируемой утечки фреона у оконных кондиционеров. Поэтому периодическая дозаправка для них не требуется.

ONLINE ВИДЕО

Утечка фреона. Ремонт сплит-системы	*Как определить место утечки хладагента*	*Как обнаружить утечку фреона*
Поиск утечки фреона на кондиционере	*Как найти утечку фреона. Опрессовка азотом*	*Эвакуация фреона из кондиционера*

ГЛАВА 50

РЕМОНТ КОНДИЦИОНЕРОВ И ИХ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Ремонт компрессора кондиционера

Ситуация, когда требуется замена отказавшего компрессора кондиционера, в большинстве случаев, связана с пренебрежением правилами монтажа и эксплуатациии кондиционера. Очень часто сервисная служба, даже обнаружив потемнение теплоизоляции, масла кондиционера или утечку хладагента, ограничивается:

- установкой фильтра на жидкостную магистраль;
- устранением течи и дозаправкой кондиционера.

Но в этих случаях нужны радикальные меры по спасению компрессора, которые невозможно провести на месте установки кондиционера.

ПРИМЕЧАНИЕ

Результат такого отношения всегда один — отказ компрессора.

Рассмотрим ситуации, когда компрессор кондиционера еще можно спасти. Необходимость в проведении ремонта компрессорно-конденсаторного блока кондиционера в мастерской возникает не только в аварийной ситуации, например, при отказе компрессора, но и в результате профилактического осмотра кондиционера.

Такие ситуации могут возникнуть в следующих случаях:

- по результатам экспресс-анализа масла компрессора;
- при потере герметичности фреонового контура кондиционера;
- при попадании влаги во фреоновый контур кондиционера.

В этих случаях, даже если компрессор кондиционера еще работает, дни его сочтены. Срочная «реанимация» поможет продлить «жизнь» кондиционера.

ONLINE ВИДЕО

Ремонт компрессора кондиционера. Автоматика – автокондиционеры от А до Я	*Почему ломается компрессор кондиционера? Ремонтировать или купить новый?*	*Ремонт компрессора кондиционера своими руками. Так можно отремонтировать любой компрессор!*

Экспресс-анализ масла

Экспресс-анализ масла предусматривает простые действия:

- получить образец (взять пробу) холодильного масла из фреонового контура;
- сравнить его цвет и запах с имеющимся образцом хорошего масла.

С помощью имеющегося кислотного теста можно провести **тест масла на наличие в нем кислоты**.

Как взять пробу масла на анализ? Известно, что масло циркулирует вместе с хладагентом во фреоновом контуре кондиционера. При остановке кондиционера масло, находящееся на стенках трубопровода, стекает по ним вниз. Вот это масло и можно взять на пробу через сервисный порт кондиционера.

Для этого **понадобятся**:

- шаровый кран с нажимкой на 1/4 дюйма;
- короткий шланг со штуцером на 1/4 дюйма, вполне подойдет шланг от манометрического коллектора;
- емкость для сбора масла;
- чистая лабораторная пробирка.

Порядок действий такой.

1. Остановить кондиционер, в течение 10—15 мин дать маслу стечь по стенкам трубопровода.
2. Подключить к сервисному порту шаровый кран.
3. Подключить шланг к шаровому крану. Свободный конец шлага поместить в емкость для сбора масла.
4. Открыть кран. Выходящий из шланга газ вынесет масло. Остается только собрать его в емкость. Немного тренировки, несколько лишних масляных пятен на вашей спецодежде и уже взять пробу масла для вас не проблема.

5. Дать маслу отстояться (поскольку масло содержит в себе растворенный хладагент — оно пенится).
6. Слить пробу в пробирку.

Следующий шаг экспресс-анализа — сравнение пробы масла с имеющимся образцом по цвету и запаху. Для этого одинаковое количество масла из пробы и образцового масла помещают в две одинаковые пробирки и сравнивают их между собой.

ПРИМЕЧАНИЕ

Темный цвет масла и запах гари указывают на то, что компрессор кондиционера перегрелся.

Причины перегрева:

- утечка хладагента из кондиционера;
- эксплуатация кондиционера в режиме «ТЕПЛО» при низких отрицательных температурах.

Масло при этом теряет свои смазочные свойства. В результате разложения масла на стенках трубопроводов и внутренних деталях кондиционера могут осаждаться смолистые вещества, которые в последующем способны вызвать отказ компрессора кондиционера.

ПРИМЕЧАНИЕ

Зеленоватый оттенок масла указывает на наличие в нем солей меди.

Первопричина — влага в контуре. Тест на кислотность такого масла, как правило, тоже положительный

ПРИМЕЧАНИЕ

Прозрачное масло с легким запахом, не сильно отличающееся по цвету от образца, указывает на то, что реанимация кондиционеру не нужна.

Если окажется, что масло хорошее и компрессор кондиционера работает нормально, нужно вернуть взятое на пробу масло в кондиционер.

Последовательность действий при этом следующая:

- найти подходящую посуду, лучше всего подойдет прозрачный высокий стакан диаметром 3—4 см;
- к сервисному порту подключить шаровый вентиль со шлангом, так же, как при взятии пробы масла;
- опустить свободный конец шланга в стакан;

- налить в стакан такое количество масла, чтобы оно покрыло штуцер шланга;
- отметить на стакане уровень масла;
- на короткое время приоткрыть шаровый вентиль, чтобы фреон вытеснил воздух из шланга;
- долить в стакан такое же количество масла, какое было взято на пробу;
- включить кондиционер на «холод»;
- закрыть жидкостной порт кондиционера;
- когда давление во всасывающей магистрали станет ниже атмосферного, открыть вентиль, и масло попадет через сервисный порт в кондиционер;
- закрыть кран, когда уровень масла достигнет метки;
- выключить кондиционер;
- открыть жидкостной порт кондиционера.

ONLINE ВИДЕО

Замена масла в компрессоре кондиционера	*Заправка кондиционера холодильным маслом*	*Заправка кондиционеров. Определение поддельного газа. Уход за установкой*

Потеря герметичности фреонового контура

Потеря герметичности фреонового контура может быть вызвана различными причинами и не всегда приводит к катастрофическим результатам. Здесь имеют значение:

- место возникновения утечки;
- количество хладагента, которое успело «утечь»;
- промежуток времени между возникновением и обнаружением утечки;
- режим работы кондиционера и другие факторы.

ВНИМАНИЕ

Утечка хладагента опасна тем, что компрессор кондиционера, охлаждаемый хладагентом, в результате уменьшения плотности последнего перегревается.

Последствия перегрева такие. Температура нагнетания компрессора повышается, горячий газ может повредить четырехходовой вентиль. Нарушается система смазки компрессора, масло уносится в конденсатор. Через образовавшееся отверстие внутрь кондиционера может попасть воздух, содержащий влагу.

Признаки, сопутствующие утечке:

- потемнение теплоизоляции компрессора;
- периодическое срабатывание термозащиты компрессора;
- обгорание изоляции на нагнетательном трубопроводе;
- масло темного цвета с запахом гари;
- часто положительный тест масла на кислотность.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если утечка обнаружена вовремя, хладагент полностью не ушел, кондиционер работал без хладагента не долго, сопутствующие признаки отсутствуют – ремонт кондиционера в мастерской не обязателен.

Доля внезапных, катастрофических утечек, вызванных разрушением трубопроводов, очень невелика, утечки чаще происходят через небольшие неплотности на вальцовочных соединениях и если постоянно следить за работой кондиционера, утечки могут быть своевременно обнаружены.

ВНИМАНИЕ

Во-первых, *не более чем через 5 мин после включения кондиционер, в зависимости от выбранного режима, должен давать холодный или теплый воздух. Если этого не происходит, нужно немедленно выключить кондиционер и вызвать ремонтника.*

Во-вторых, *если при работе кондиционера трубки на наружном блоке покрыты инеем – происходит утечка, нужен мастер.*

СОВЕТ

Выполнение этих простых правил позволит избежать больших затрат на ремонт кондиционера.

ONLINE ВИДЕО

Как найти утечку фреона. Вакуумирование или опрессовка	*Как найти утечку фреона?*	*Электронный течеискатель фреона. Принцип работы*

Попадание влаги во фреоновый контур

Попадание влаги во фреоновый контур чаще всего происходит при нарушении правил монтажа кондиционера. Один из этапов монтажа — **вакуумирование френовой магистрали** — преследует цель не только затруднить жизнь монтажнику, но и удалить из смонтированной магистрали воздух и водяные пары.

Такие суррогаты этой процедуры как продувка смонтированной магистрали хладагентом, вовсе не могут удалить влагу, а лишь превращает ее в лед на стенках медных трубок, который затем тает, превращается в воду и делает свое «черное» дело.

ВНИМАНИЕ

Опасность попадания влаги внутрь кондиционера заключается в том, что она часто никак не проявляет себя вплоть до отказа компрессора кондиционера.

Дело в том, что все процессы в кондиционере, работающем в режиме «ХОЛОД», происходят при плюсовых температурах, а вода проявляет себя лишь когда замерзает, вызывая нарушение работы капиллярной трубки или терморегулирующего вентиля. Однако **по косвенным признакам определить наличие влаги** в кондиционере можно:

- **признак 1** — зеленоватый оттенок масла и положительный тест на кислотность; следует заметить, что это уже «предынфарктное» состояние кондиционера и требуется срочное вмешательство.
- **признак 2** — на более ранних стадиях влага проявляет себя при отрицательных температурах испарения, например, при работе кондиционера на «тепло» при низких температурах наружного возду-

ха или при утечке хладагента. При этом влага превращается в лед и закупоривает капиллярную трубку или дюзу ТРВ.

- результат — давление всасывания кондиционера падает, растет температура компрессора, срабатывает термозащита. Этот цикл повторяется до тех пор, пока не сгорит компрессор.

Удаление влаги из фреонового контура также может быть выполнено только в мастерской.

ONLINE ВИДЕО

Влага в контуре и вакуумирование	*Зачем вакуумировать фреоновый контур сплит-системы*	*Влага в трассе. Сушка азотом*

Проверки кондиционера

Проверка 1. Проверка работы кондиционера при каждом включении. О ней говорилось выше. Примерно через 5 мин после включения проверить, дает ли кондиционер холод или тепло (в зависимости от режима). Если есть возможность увидеть краны наружного блока, посмотреть, есть ли на них иней. Если результаты отрицательные, нужно выключить кондиционер и вызвать мастера.

Проверка 2. Проба масла. Она нужна в следующих случаях:

- для кондиционеров, принимаемых на сервисное обслуживание, при проведении ревизии технического состояния кондиционера;
- для оборудования, которое работало зимой, но не обслуживалось;
- при вызове для ремонта кондиционера, не находящегося на сервисном обслуживании;
- при обнаружении утечки хладагента из кондиционера;
- в любых других подозрительных ситуациях.

ПРИМЕЧАНИЕ

Масло — «кровь» компрессора и для мастера может много рассказать о «болезнях» кондиционера.

В описанных выше ситуациях происходит, прежде всего, **загрязнение масла** компрессора или изменение его свойств. Методики, основанные на использовании фильтров при этом, к сожалению, неэффективны.

Нет фильтров, которые способны восстановить смазочные свойства масла, подвергнутого термическому разложению, а также удалить влагу, которая находится в компрессоре под слоем масла. Поэтому единственный способ очистить масло компрессора — заменить его.

ПРИМЕЧАНИЕ

Эта процедура может быть выполнена только после демонтажа компрессора и, следовательно, возможна только в условиях хорошо оборудованной мастерской.

ONLINE ВИДЕО

Как проверить бывший в употреблении кондиционер	*Как проверить и помыть внутренний блок кондиционера KELON KFR-22GW/D*	*Куда смотреть при выборе б/у кондиционера*

Замена масла компрессора

При **замене масла компрессора** выполняются следующие мероприятия:

- эвакуация хладагента, демонтаж компрессора;
- освобождение компрессора от масла, промывка компрессора;
- вакуумирование компрессора;
- заправка компрессора маслом, испытание компрессора;
- промывка входного контура компрессорно-конденсаторного блока;
- демонтаж фильтра осушителя, монтаж технологического фильтра;
- монтаж компрессора в компрессорно-конденсаторный блок;
- установка компрессорно-конденсаторного бока на стенд;
- заправка хладагентом;
- промывка компресорно-конденсаторного болока на стенде;
- эвакуация фреона;

- замена технологического фильтра осушителя на рабочий;
- вакуумирование компрессорно-конденсаторного блока;
- заправка хладагентом, тестовый прогон отремонтированного блока.

ONLINE ВИДЕО

Замена масла в компрессоре кондиционера	*Можно ли добавить масло в компрессор кондиционера при заправке?*	*Заправка кондиционера холодильным маслом*

Защита от попадания грязного масла в отремонтированный блок

Поскольку загрязненное масло распределяется по всем элементам кондиционера, часть мероприятий по очистке фреонового контура приходится проводить на месте установки кондиционера. Цель этих мероприятий не допустить попадания грязного масла в отремонтированный блок.

К ним относятся:

- продувка фреоновых магистралей и испарителя осушенным азотом;
- установка технологического фильтра во фреоновую магистраль;
- вакуумирование фреоновой магистрали и испарителя;
- пуск кондиционера в работу для сбора грязи на фильтр;
- конденсация хладагента в компрессорно-конденсаторный блок;
- удаление технологического фильтра;
- вакуумирование фреоновой магистрали;
- пуск кондиционера в работу (тестовый прогон).

Итак, решение о необходимости промывки фреонового контура и замены масла в компрессоре принято. Поговорим о технологии процесса.

Эвакуация хладагента

Эвакуация хладагента проводится с целью обеспечения безопасности работ и экономии (эвакуированный хладагент можно использовать повторно).

Технология достаточно проста:

- помощью шланга и переходников производят объединение жидкостной и газовой магистрали компрессорно-конденсаторного блока (ККБ);
- к сервисному порту подключают эвакуационную станцию или отвакуумированный баллон, открывают вентили и производят слив хладагента;
- для более полной и быстрой эвакуации хладагента при использовании баллона можно обдувать радиатор ККБ потоком теплого воздуха, например, с помощью тепловентилятора.

ПРИМЕЧАНИЕ

После отключения баллона остатки хладагента стравливают и вакуумируют ККБ, иначе при демонтаже компрессора возможно термическое разложение хладагента, превращение его в фосген и принесение ущерба здоровью ремонтника.

ONLINE ВИДЕО

Эвакуация фреона из кондиционера	*Как собрать фреон при демонтаже кондиционера*	*Как просто скачать (эвакуировать) фреон в баллон из кондиционера*

Демонтаж компрессора

Эту процедуру нужно выполнять в следующей последовательности:

- снять крышки корпуса ККБ;
- отсоединить магистрали всасывания и нагнетания компрессора;
- отсоединить провода, идущие на вентилятор и компрессор;
- отсоединить крепление вентилей и крепление радиатора теплообменника;
- снять теплообменник.

Такая технология разборки позволяет получить доступ к элементам крепления компрессора, легко демонтировать его, не подвергая трубо-

проводы обвязки деформации. Кроме того, дальнейшую работу с элементами ККБ можно организовать на двух рабочих местах и, следовательно, уменьшить время ремонта.

ONLINE ВИДЕО

Замена компрессора кондиционера

Освобождение компрессора от масла

В бытовых кондиционерах используют компрессора нескольких типов, а именно:

- поршневые;
- роторные;
- спиральные.

Удаление масла из поршневого компрессора выполнить наиболее просто. Оно легко сливается через всасывающий патрубок.

ПРИМЕЧАНИЕ

Подобным образом слить масло из роторного и спирального компрессора из-за их конструктивных особенностей не удается.

Для слива масла из этих компрессоров в дне корпуса компрессора сверлится отверстие диаметром 5—6 мм. Чтобы исключить попадание металлической стружки внутрь компрессора, отверстие сверлится не полностью, оставшаяся перемычка пробивается пробойником.

Промывка компрессора

Для промывки компрессора используют четыреххлористый углерод или фреоны R-11, R-113. Промывка производится в два этапа.

Этап 1. Производится промывка чистой промывочной жидкостью до прозрачного состояния, сливаемой из компрессора после промывки жидкости.

Этап 2. Компрессор заправляют смесью 50/50 промывочной жидкости и масла, затем производят включение компрессора в работу на 10—15 минут.

После этого смесь сливают. При необходимости промывку смесью повторяют до полного удаления остатков «плохого» масла из компрессора.

Вакуумирование компрессора

Производится для полного удаления промывочной жидкости из компрессора.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для роторных и спиральных компрессоров перед вакуумированием необходимо заварить технологическое отверстие в днище корпуса компрессора.

ONLINE ВИДЕО

Как вакуумировать кондиционер. Советы новичку	*Зачем вакуумировать фреоновый контур сплит-системы*	*Вакуумация трассы кондиционера и запуск фреона*

Заправка компрессора маслом

Заправка компрессора маслом производится следующим образом.

В подходящую емкость наливают нужное количество масла. С помощью шланга масло под действием вакуума всасывается в компрессор.

ВНИМАНИЕ

Холодильные масла обладают высокой гигроскопичностью и легко поглощают влагу из воздуха. При этом свойства масла ухудшаются. Влага из масла может вступать в реакцию с хладагентом с образованием кислот. Это, в конечном итоге, может привести к выходу из строя компрессора.

Чтобы избежать этого, необходимо до минимума ограничить контакт масла с воздухом. Поэтому после заправки компрессор рекомендуется продуть осушенным азотом или газообразным хладагентом и заткнуть патрубки компрессора пробками.

ONLINE ВИДЕО

Заправка кондиционера холодильным маслом	*Замена масла в компрессоре кондиционера*	*Как предотвратить вынос масла из компрессора?*

Испытание компрессора

Испытание компрессора производится в два этапа.

На первом этапе проверяется работа компрессора в режиме холостого хода. Для этого собирают электрическую схему, эквивалентную штатной схеме включения компрессора.

ПРИМЕЧАНИЕ

Чтобы избежать попадания внутрь компрессора влаги из воздуха, а также потерь масла, компрессор «закольцовывают», то есть соединяют всасывающий и нагнетательный патрубки компрессора между собой гибким трубопроводом.

Подают питание на компрессор. Проверяют отсутствие посторонних шумов и стуков в компрессоре, токи холостого хода и выбег компрессора при выключении. Эталоном для сравнения служат указанные характеристики исправного аналогичного компрессора.

На втором этапе проверяется время подъема давления в нагнетательной магистрали компрессора до установленной величины, например, до 20 бар.

Для определения этой характеристики используют прибор для испытания компрессоров и секундомер. Эталоном служит характеристика такого же или исправного аналогичного компрессора.

ПРИМЕЧАНИЕ

Чтобы исключить попадание воздуха, а вместе с ним и влаги внутрь компрессора, на этом этапе к всасывающему патрубку через газовый ресивер и редуктор подключают баллон со сжатым осушенным азотом, а к нагнетательному патрубку – прибор для испытания компрессоров.

Для точности результатов измерений сначала в эту схему включают эталонный компрессор, а потом — испытуемый. Сравнивают время достижения установленной величины давления эталонного и испытуемого компрессора. Для исправного компрессора разница не должна превышать 10—15 %.

Если компрессор успешно прошел испытания, из него стравливают избыточное давление азота и затыкают патрубки пробками, чтобы избежать попадания воздуха и влаги в компрессор. Компрессор готов к монтажу.

ONLINE ВИДЕО

Как работает компрессор кондиционера

Подготовка теплообменника и трубопроводов обвязки компрессора

Цель подготовки:

- исключить попадание грязи внутрь компрессора;
- установить дополнительные элементы, которые позволят собрать имеющуюся в трубопроводах и теплообменнике грязь и контролировать процесс промывки ККБ.

Грязь, которая попала или образовалась в фреоновом контуре при работе кондиционера, разносится по всему контуру вместе с маслом и фреоном. Она скапливается в его элементах, прежде всего в компрессоре и фильтре-осушителе. Как быть с компрессором, мы уже обсудили.

ПРИМЕЧАНИЕ

Фильтр-осушитель не ремонтируется и подлежит замене, причем замену фильтра нужно производить после очистки контура, иначе новый фильтр также будет испорчен.

Кроме того, необходимо исключить попадание грязи в компрессор из магистрали всасывания при пуске компрессора. Поэтому с теплообменником и трубопроводами обвязки выполняют **следующие работы**:

- промывка трубопроводов магистрали всасывания компрессора;
- удаление фильтра-осушителя, установка вместо него технологического фильтра и смотрового стекла.

Промывка трубопроводов магистрали всасывания компрессора производится теми же промывочными жидкостями. Для промывки может быть использована промывочная машина или специально подготовленный баллон. После промывки трубопроводы продувают сжатым азотом, остатки жидкости удаляют вакуумированием.

Удаление фильтра-осушителя

Негодный фильтр-осушитель выпаивают или вырезают с помощью трубореза. Вместо него в разрыв трубопровода вставляют последовательно соединенные:

- смотровое стекло (позволяет наблюдать за процессом промывки;
- технологический фильтр (собирает на себя имеющуюся в блоке грязь, не позволяя ей засорить капиллярную трубку или дюзу ТРВ).

Указанные дополнительные элементы подключаются с помощью гибких трубопроводов и муфт Ганзена.

Монтаж компрессора в ККБ

СОВЕТ

При монтаже нужно стремиться, чтобы контакт внутренней полости компрессора с окружающим воздухом был минимальным. В процессе пайки необходимо производить пайку в среде сухого азота, чтобы исключить образование внутри трубопроводов окисла меди.

Подготовленный таким образом ККБ устанавливают на стенд. На входную магистраль ККБ устанавливают специальный фильтр, построенный на базе отделителя жидкости, вакуумируют фреоновую магистраль, заправляют собранный агрегат хладагентом и пускают в работу.

Процесс промывки контролируют по смотровому стеклу, установленному вместе с технологическим фильтром.

Промывка считается **законченной**, когда хладагент в смотровом стекле становится прозрачным. Масло вместе с грязью собирается в специальном фильтре — отделителе жидкости. По окончании процедуры промывки, жидкость, накопившаяся в фильтре-отделителе, сливается в мерный стакан и отстаивается, чтобы испарился имеющийся в ней хладагент. Такое же количество чистого масла возвращается в компрессор.

Далее удаляют хладагент из агрегата, вместо технологического фильтра и смотрового стекла устанавливают новый фильтр — осушитель, проверяют ККБ на герметичность, вакуумируют, заправляют хладагентом и проверяют работу отремонтированного ККБ на стенде.

Несколько слов о **специальном фильтре — отделителе жидкости**. Он очень похож на обычный отделитель жидкости. Основное отличие — отсутствие линии возврата масла в компрессор и дополнительный штуцер для слива накопившейся в нем жидкости. Такая конструкция позволяет пропустить газообразный хладагент и собрать в себя грязное масло.

ONLINE ВИДЕО

Ремонт ККБ. Ремонт промышленного кондиционера

Дополнительный штуцер позволяет реализовать процедуру восполнения ушедшего из компрессора в процессе промывки масла. Фильтр оснащается дополнительно комплектом переходников, позволяющих подключить его в разрыв газовой магистрали на входе в ККБ.

ГЛАВА 51

РЕМОНТ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

Особенности ремонта

Большинство автомобилей бюджетного класса, в том числе и некоторые отечественные модели автомобилей, оснащаются автокондиционером уже на конвейере завода.

Для того чтобы производить обслуживание и ремонт кондиционеров на высоком профессиональном уровне, недостаточно только практических навыков, необходимы:

- серьезная теоретическая подготовка;
- глубокое понимание физических процессов, происходящих в автомобильной системе кондиционирования воздуха;
- знание современной номенклатуры запасных частей, новейших технических разработок в этой сфере.

ONLINE ВИДЕО

Устройство, принцип работы и ремонт автокондиционера по технологии производителя	*Инструмент для обслуживания и ремонта автомобильных кондиционеров*	*Как диагностировать автокондиционер по манометрам?*

Ремонт компрессора автомобильного кондиционера

Компрессор кондиционера является одним из наиболее сложных, и, в то же время, самым дорогостоящим элементом автомобильной системы кондиционирования воздуха. Стоимость нового компрессора, например, на Volkswagen Sharan доходит до $700—900.

В то же время, выход из строя компрессора, как правило, влечет за собой проведение массы дополнительных, трудоемких и отнюдь не дешевых процедур:

- промывку системы кондиционера;
- замену ресивера-осушителя;
- замену терморегулирующего вентиля и т. д.

Поэтому своевременное обнаружение и устранение неисправности помогает сберечь и время, и деньги автовладельца.

Рассмотрим способы ранней диагностики неисправностей, рекомендации по их устранению и возможный исход событий, в случае если этим рекомендациям не следовать.

Неисправность №1. *Шумит подшипник шкива — чаще всего, на начальной стадии износа, шум появляется на холостом ходу, при выключенном кондиционере в виде монотонного гудения.*

Причины:

- перетянут приводной ремень;
- естественный износ подшипника.

Рекомендации по устранению неисправности:

- проверить натяжение приводного ремня, затяжку крепежных элементов компрессора и целостность кронштейнов;
- проверить легкость вращения вала компрессора (при выключенном двигателе отсоединить разъем питания электромагнитной муфты, попробовать вручную провернуть за ступицу диска вал компрессора;
- заменить подшипник.

Возможные последствия:

- заклинивает подшипник, при этом возможно, из-за нагрева выходит из строя электромагнитная катушка;
- подшипник проворачивается на посадочном месте, что в дальнейшем влечет за собой замену передней крышки компрессора;
- появление микротрещин на торцевом уплотнении, утечка хладагента в переднем сальнике вала компрессора;
- из-за перекоса шкива происходит неравномерный износ шкива и прижимной пластины;
- заклинивает компрессор.

Неисправность №2. *Посторонний шум при включенном компрессоре.*

Причины:

- несвоевременное или неквалифицированное обслуживание — пере- или недозаправка системы;
  неисправен вентилятор кондиционера или забит конденсатор;
- нарушена циркуляция хладагента (замят фреонопровод, конденсатор, закрыт терморегулирующий вентиль).
  Рекомендации:
- проверить исправность вентилятора обдува конденсора и вентилятора охлаждения двигателя, поломка этих узлов может быть причиной повышенного давления в системе;
- проверить чистоту конденсатора.
  Возможные последствия — заклинивает компрессор.

Неисправность №3. *Отсутствие или незначительный перепад давления на линии всасывания и нагнетания.*

Причины:

- естественный износ рабочих поверхностей компрессора;
- неисправность клапанной группы компрессора.
  Рекомендации:
- произвести диагностику компрессора;
- заменить изношенные или неисправные детали компрессора.

ONLINE ВИДЕО

Ремонт компрессора кондиционера. Автоматика — автокондиционеры от А до Я	*Компрессор кондиционера: как провести проверку. ЕвроАвто*	*Внутреннее устройство компрессора автомобильного кондиционера*

Промывка системы автомобильного кондиционера

При помощи промывки из системы автомобильного кондиционера удаляются различные примеси — излишки масла, отстой, продукты износа компрессора, грязь, влагу.

Промывка требуется в таких случаях:

- **случай 1** — если автомобиль долгое время эксплуатировался с разгерметизированной системой. Например, неисправный радиатор или компрессор был демонтирован осенью. А следующей весной для нормальной работы автомобильного кондиционера просто установить новую деталь взамен демонтированной уже недостаточно. Дело в том, что за это время в систему уже успели попасть частицы грязи, пыли, антигололедный реагент, которым щедро поливают дороги, влага и т. п. Все это способно вывести из строя компрессор за считанные недели. Поэтому мы рекомендуем произвести промывку системы;
- **случай 2** — если заклинило компрессор кондиционера. Простой заменой тут уже не обойтись. Продукты износа старого компрессора — тефлоновое покрытие поршней, алюминиевая стружка, графит уже успели попасть в систему.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если перед установкой нового компрессора сэкономить и пренебречь процедурой промывки системы, то новый компрессор проработает совсем не долго. Учитывая стоимость нового компрессора — весьма сомнительная экономия.

Процедура промывки достаточно трудоемкая и достаточно дорогостоящая. Иногда приходится разбирать половину салона автомобиля для того, чтобы демонтировать испаритель. В особо запущенных случаях для того, чтобы качественно очистить внутренние поверхности теплообменников и трубок (ТРВ не промывается, а ресивер-осушитель подлежит замене) приходится расходовать большое количество промывочной жидкости.

Каждая промываемая деталь снимается и промывается отдельно, только так можно сделать эту работу с гарантированным качеством.

СОВЕТ

Желательно использовать специальные промывочные жидкости, которые эффективно удаляют загрязнения с внутренних поверхностей фреонопроводов и теплообменников, и в то же время не оказывают отрицательного воздействия на промываемые детали.

ONLINE ВИДЕО

Промывка системы кондиционера в авто. Ремонт автокондиционера своими руками	*Промывка автокондиционера самостоятельно. Компрессор «погнал» стружку*	*Промывка системы кондиционирования автомобиля*

Диагностика автокондиционера

Визуальный контроль, при котором производится проверка:

- изношенности и степени натяжения приводного ремня компрессора, соосность и целостность шкивов, биение в подшипниках и т. д;
- состояние шлангов и фреонопроводов, наличие перегибов, препятствующих циркуляции фреона в системе, наличие масляных подтеков в местах соединений;
- чистоты теплообменных поверхностей испарителя (по интенсивности воздухопотока вентилятора отопителя) и конденсатора;
- работоспособности вентиляторов испарителя и конденсатора;
- состояния фильтра салона;
- целостности корпусных деталей, приводов заслонок, работоспособности системы распределения воздуха;
- целостности электрических разъемов, электропроводки и предохранителей;
- состояние заправки системы через смотровое окошко на ресивере-осушителе.

Проверка наличия посторонних шумов при работе автокондиционера:

- шум в электромагнитной муфте указывает на неисправности или пониженное напряжение ее питания;
- стук или щелканье указывает на износ подшипника, внутренние повреждения или износ деталей компрессора.

Проверка наличия посторонних запахов: корпус испарителя — идеальная среда для развития патогенных микроорганизмов. Неприятный запах появляется из-за развивающихся в корпусе испарителя бактерий, вирусов и болезнетворных грибков, которые являются причиной возникновения простудных и аллергических заболеваний.

ПРИМЕЧАНИЕ

Избавиться от них можно лишь после обработки испарителя специальным антибактериальным раствором для автокондиционеров. Также рекомендуется заменить фильтр салона и проверить, правильно ли функционирует система слива конденсата.

ONLINE ВИДЕО

Диагностика кондиционера своими силами	*Диагностика автокондиционера. Ремонт*	*Диагностируй автокондиционер правильно!*

Проверка системы автокондиционера на герметичность

Система автокондиционера, если она в исправном состоянии, должна быть герметична. Как правило, при разгерметизации системы, количество хладагента в контуре автокондиционера начинает уменьшаться, а в систему попадает атмосферный воздух и влага, что в свою очередь может вывести из строя терморегулирующий вентиль (ТРВ), ресивер-осушитель и компрессор.

Утечки наиболее часто появляются:

- в местах соединений частей автомобильной системы кондиционирования воздуха;
- в местах, подверженных коррозиеи, там, где соприкасаются поверхности, выполненные из разных металлов;
- в местах, подверженных вибрации.

Существует несколько **способов обнаружения места утечки** хладагента из системы:

- при помощи галоидного или электронного течеискателя;
- с использованием флюоресцентного красителя. Его еще часто называют «ультрафиолетом» или «зеленкой» из-за характерного свечения в ультрафиолетовом свете.

Зачастую, точно установить место возможной утечки можно только используя несколько способов обнаружения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Галоидный течеискатель менее чувствителен на незначительные утечки и не реагирует на утечки хладагента при наличии принудительной циркуляции воздуха (например, в подкапотном пространстве с вентилятором обдува).

Если герметичность системы нарушена, но место утечки при помощи течеискателя установить не представляется возможным, применяется **способ поиска при помощи флюоресцентного индикатора**. «Ультрафиолет» добавляется в смазочное масло и производится заправка автокондиционера. Спустя 24 ч проводится поиск места утечки с использованием ультрафиолетовой лампы. Так как смазочное масло циркулирует в системе растворенное в хладагенте, то в месте утечки фреона появляется характерное зеленоватое свечение флюоресцентного красителя в ультрафиолетовом свете.

ONLINE ВИДЕО

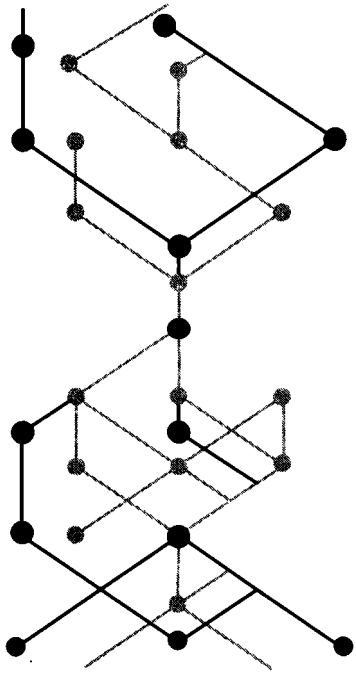
Автокондиционер. Проверка герметичности	*Как проверить утечку фреона из автокондиционера. Простой способ*	*Как иногда бывает сложно найти утечку автокондиционера*

ЧАСТЬ

6

РЕМОНТ КОММУТАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

- *Требования к устройствам защиты электрических аппаратов*
- *Автоматические выключатели*
- *Ремонт магнитных пускателей и контакторов*
- *Ремонт тепловых реле*
- *Устройства плавного пуска и торможения двигателей*



ГЛАВА 52

ТРЕБОВАНИЯ К УСТРОЙСТВАМ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Основные определения

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Коммутационная способность аппарата *– это способность аппарата произвести данное количество коммутационных операций (включение, отключение) электрической цепи, после чего аппарат остается в исправном состоянии.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Предельная коммутационная способность *– это верхний допустимый предел коммутируемого тока (при нескольких коммутационных операциях).*

Аппараты должны быть выбраны так, чтобы токи, которые могут протекать через них в месте их установки, были не больше токов предельной коммутационной способности. Для этого надо знать токи короткого замыкания в местах установки аппаратов и по ним выбирать аппараты.

ONLINE ВИДЕО

Предельная коммутационная способность автомата и класс токоограничения автоматического выключателя	*Времятоковые характеристики автоматических выключателей. Выбор, селективность, испытание*	*Отключающая способность модульного АВ*

Электродинамическая и термическая устойчивость

Понятия **электродинамической** и **термической устойчивости** аппарата означают, что он способен пропустить ток короткого замыкания:

- без механических деформаций деталей;
- без недопустимого нагрева токоведущих частей.

ПРИМЕЧАНИЕ

Разделение этих понятий условно, так как они относятся к одному процессу протекания тока короткого замыкания через аппарат.

Ток аппарата и защиты

Номинальный ток аппарата должен быть не меньше расчетного тока нагрузки, проходящего через аппарат. Напряжение аппарата должно соответствовать напряжению сети, где он применяется.

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя должен быть не меньше расчетного тока цепи, т. е. $I_в \geqslant I_р$.

Плавкая вставка не должна перегорать при нормальных перегрузках на данном ответвлении, например, при пусковых токах двигателей.

ВНИМАНИЕ

Предохранители нежелательно устанавливать на ответвлении к одному двигателю для защиты его от тока короткого замыкания. Ведь при перегорании одной вставки двигатель может выйти из строя при работе на двух фазах.

Номинальный ток вставки на ответвлении, где более одного двигателя, должен выбираться на основании соотношения:

$$I_в = (I_р + I_п)/2,5,$$

где $I_р$ — расчетный ток данного ответвления; $I_п$ — пусковой ток наиболее мощного двигателя.

СОВЕТ

При тяжелых условиях пуска в знаменателе нужно ставить вместо 2,5 значение 1,6—2.

ПРАВИЛО

Плавкие вставки, установленные в сети последовательно, должны работать селективно, т. е. должны перегорать вставки, установленные ближе к месту короткого замыкания, а не наоборот. Для этого нужно, чтобы ток вставки, расположенной ближе к месту короткого замыкания, был на одну-две ступени ниже по шкале номинальных токов вставок.

ONLINE ВИДЕО

Выбор типа защитного аппарата: B, C, D	*Номинал и время, токовая характеристика автоматического выключателя*	*Типы защиты автоматических выключателей. Класс защиты автомата*

Параметры тока автоматических выключателей

Для автоматических выключателей номиналный ток расцепителя должен быть не меньше расчетного тока цепи, т. е.

$$I_{н.расц} \geqslant I_р.$$

Автоматический выключатель не должен выключать установку при нормальных перегрузках. Ток уставки регулируемого теплового расцепителя автомата должен быть равен 1,25 расчетного тока цепи, т. е.

$$I_{уст.тепл} = 1,25I.$$

ONLINE ВИДЕО

Выбор автоматического выключателя – расчет тока	*Автоматический выключатель – номинал и токовая характеристика*	*Времятоковая характеристика «С» автоматических выключателей*

Требования к автоматам защиты

Автоматы для защиты асинхронных двигателей должны удовлетворять следующим условиям.

Для электродвигателей **повторно-кратковременного режима** при ПВ = 25 % или длительного ремонта с легкими условиями пуска:

$$I_{н.а} \geqslant I_{н.дв}.$$

Для электродвигателей, работающих в напряженном **повторно-кратковременном режиме**, и для **электродвигателей с длительным режимом работы** с тяжелыми условиями пуска

$$I_{н.а} \geqslant 1{,}5 I_{н.дв},$$

где $I_{н.а}$ — номинальный ток автомата; $I_{н.дв}$ — номинальный ток двигателя.

Ток уставки электромагнитного элемента должен соответствовать:

для **двигателей с короткозамкнутым ротором**

$$I_{уст.\ эл\text{-}магн} \geqslant (1{,}5—1{,}8) I_п;$$

для **двигателей с фазовым ротором**

$$I_{уст.\ эл\text{-}магн} \geqslant (2{,}5—3) I_{н.дв},$$

где $I_п$ — пусковой ток электродвигателя.

ПРИМЕЧАНИЕ

Реле тепловое выбирают так, чтобы максимальный ток продолжительного режима работы реле с данным тепловым элементом был больше номинального тока защищаемого электродвигателя. Запас регулировки тока уставки на шкале реле должен быть небольшим, особенно в сторону увеличения.

ONLINE ВИДЕО

Автоматы защиты

ГЛАВА 53

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Определение и назначение

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Автоматические выключатели *– это коммутационные электрические аппараты, предназначенные:*

- *во-первых, для проведения тока цепи в нормальных режимах;*
- *во-вторых, для автоматической защиты электрических сетей и оборудования от аварийных режимов (токов короткого замыкания, токов перегрузки, снижения или исчезновения напряжения, изменения направления тока, возникновения магнитного поля мощных генераторов в аварийных условиях и др.);*
- *в-третьих, для нечастой коммутации номинальных токов (6–30 раз в сутки).*

Благодаря простоте, удобству, безопасности обслуживания и надежности защиты от токов короткого замыкания эти аппараты широко применяются в электрических установках малой и большой мощности.

Автоматические выключатели относятся к коммутационным аппаратам ручного управления, однако многие типы имеют электромагнитный или электродвигательный привод, что дает возможность управлять ими на расстоянии.

Принцип действия

Выключаются автоматы обычно вручную (приводом или дистанционно), а при нарушении нормального режима эксплуатации (появле-

ние сверхтоков или снижение напряжения) — автоматически. При этом каждый автомат снабжается расцепителем максимального, а в некоторых типах расцепителем минимального напряжения.

По выполняемым функциям защиты автоматические выключатели делятся на автоматы:

- максимального тока;
- понижения напряжения;
- обратной мощности.

Автоматы максимального тока служат для автоматического размыкания электрической цепи при возникновении в ней токов короткого замыкания и перегрузок сверх установленного предела.

ПРИМЕЧАНИЕ

Заменяя собой рубильник и плавкий предохранитель, они обеспечивают более надежную и избирательную защиту при нештатных режимах.

Если условия среды отличны от нормальных (влажность воздуха выше 85 % и в нем содержатся примеси вредных паров), то автоматические выключатели следует помещать в ящики и шкафы пылевлагонепроницаемого и химостойкого исполнения.

Классификация

Автоматические выключатели подразделяются на такие группы:

- установочные — имеют защитный изоляционный (пластмассовый) корпус и могут устанавливаться в общедоступных местах;
- универсальные — не имеют такого корпуса и предназначены для установки в распределительных устройствах;
- быстродействующие — собственное время срабатывания не превышает 5 мс;

ПРИМЕЧАНИЕ

Быстродействие обеспечивается самим принципом действия (поляризованный электромагнитный или индукционно-динамический принципы и др.), а также условиями для быстрого гашения электрической дуги. Подобный принцип используется в токоограничивающих автоматах.

- небыстродействующие — собственное время срабатывания составляет от 10 до 100 мс;
- селективные — имеют регулируемое время срабатывания в зоне токов короткого замыкания;
- автоматы обратного тока, срабатывающие только при изменении направления тока в защищаемой цепи.

ПРИМЕЧАНИЕ

Поляризованные автоматы отключают цепь только при нарастании тока в прямом направлении, неполяризованные — при любом направлении тока.

Конструкция

Особенности конструкции и принцип действия автомата определяются его назначением и сферой применения.

Включение и выключение автомата может производиться вручную, электродвигательным или электромагнитным приводом.

Ручной привод применяется при номинальных токах до 1000 А и обеспечивает гарантируемую предельную коммутационную способность вне зависимости от скорости движения включающей рукоятки (оператор должен производить операцию включения решительно: начав — доводить до конца).

Электромагнитный и электродвигательный приводы питаются от источников напряжения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Схема управления привода должна иметь защиту от повторного включения на короткозамкнутую цепь. При этом процесс включения автомата на предельные токи короткого замыкания должен прекратиться при напряжении питания 85—110 % от номинального.

При перегрузках и токах короткого замыкания отключение выключателя производится независимо от того, удерживается ли рукоятка управления во включенном положении.

Важной составной частью автомата является **расцепитель**, который контролирует заданный параметр защищаемой цепи и воздействует на

расцепляющее устройство, отключающее автомат. Кроме того, расцепитель позволяет производить дистанционное отключение автомата.

Наиболее широкое распространение получили **расцепители следующих типов:**

- электромагнитные для защиты от токов короткого замыкания;
- тепловые для защиты от перегрузок;
- комбинированные;
- полупроводниковые, обладающие большой стабильностью параметров срабатывания и удобством в настройке.

Для коммутации цепи без тока или для редких коммутаций номинального тока могут применяться **автоматы без расцепителей**.

На **рис. 53.1** в качестве примера показана схема автоматического выключателя АП-50.

Автоматические выключатели состоят из следующих **основных узлов**:

- контактной системы;
- дугогасительной системы;
- расцепителей;
- механизма управления;
- механизма свободного расцепления.

Контактная система состоит из неподвижных контактов, закрепленных в корпусе, и подвижных контактов, шарнирно посаженных на полуоси рычага механизма управления, и обеспечивает, обычно, одинарный разрыв цепи.

Дугогасительная система устанавливается в каждом полюсе выключателя и предназначается для локализации электрической дуги в ограниченном объеме. Оно представляет собой дугогасительную

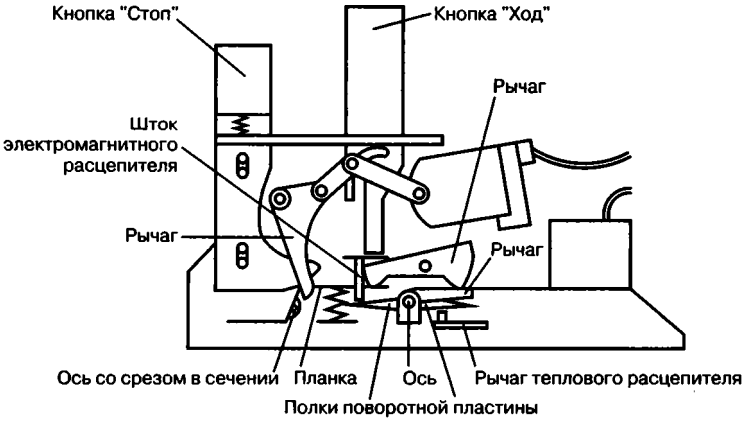


Рис. 53.1. Схема автоматического выключателя АП-50

камеру с деионной решеткой из стальных пластин. Могут быть предусмотрены также **искрогасители**, представляющие собой фибровые пластины.

Механизм свободного расцепления представляет собой шарнирный 3- или 4-звенный механизм, который обеспечивает расцепление и отключение контактной системы как при автоматическом, так и при ручном управлении.

Электромагнитный максимальный расцепитель тока, представляющий собой электромагнит с якорем, обеспечивает автоматическое отключение выключателя при токах короткого замыкания, превышающих уставку по току.

Электромагнитные расцепители **тока с устройством гидравлического замедления** срабатывания имеют обратнозависимую от тока выдержку времени для защиты от токов перегрузки.

Тепловой максимальный расцепитель представляет собой термобиметаллическую пластину. При токах перегрузки деформация и усилия этой пластины обеспечивают автоматическое отключение выключателя. Выдержка времени уменьшается с ростом тока.

Полупроводниковые расцепители состоят из измерительного элемента, блока полупроводниковых реле и выходного электромагнита, воздействующего на механизм свободного расцепления автомата. В качестве измерительного элемента используется трансформатор тока (на переменном токе) или дроссельный магнитный усилитель (на постоянном токе).

Полупроводниковый расцепитель тока допускает **регулировку следующих параметров**:

- номинального тока расцепителя;
- уставки по току срабатывания в зоне токов короткого замыкания (ток отсечки);
- уставки по времени срабатывания в зоне токов перегрузки;
- уставки по времени срабатывания в зоне токов короткого замыкания (для селективных выключателей).

ПРИМЕЧАНИЕ

Во многих автоматах применяют комбинированные расцепители, использующие тепловые элементы для защиты от токов перегрузок и электромагнитные для защиты от токов коротких замыканий без выдержки времени (отсечки).

Выключатель имеет также **дополнительные сборочные единицы**, которые встраиваются в выключатель или крепятся к нему снаружи:

- независимый, нулевой и минимальный расцепители;
- свободные и вспомогательные контакты;
- ручной и электромагнитный дистанционный привод;
- сигнализацию автоматического отключения;
- устройство для запирания выключателя в положении «отключено».

Независимый расцепитель представляет собой электромагнит с питанием от постороннего источника напряжения.

Минимальный и **нулевой расцепители** могут выполняться с выдержкой времени и без выдержки времени. С помощью независимого или минимального расцепителя возможно дистанционное отключение автомата.

ONLINE ВИДЕО

Устройство и принцип работы автоматического выключателя	*Маркировка автоматических выключателей значение и расшифровка*	*Автоматические выключатели – устройство и принцип работы*

Условия эксплуатации

Автоматические выключатели выпускаются в исполнениях с разной степенью защиты от прикосновений и внешних воздействий (IP00, IP20, IP30, IP54). При этом степень защиты зажимов для присоединения внешних проводников может быть ниже степени защиты оболочки выключателя.

Выключатели изготавливают в пяти климатических исполнениях и пяти категориях размещения, что кодируется буквами У, УХЛ, Т, М, ОМ и цифрами 1, 2, 3, 4, 5.

ПРИМЕЧАНИЕ

Выключатели рассчитаны для работы без смены каких-либо узлов и деталей и в условиях эксплуатации ремонту не подлежат.

Неисправности автоматических выключателей

Причина	Устранение
Автомат не включается	
Срабатывание автомата от тока перегрузки или короткого замыкания во включаемой им сети.	Частично отключать нагрузку и, при возможности, участки сети. Включать автомат. При отсутствии результата — отсоединить провода на выходе автомата. Если он при этом включится, то причина его отключения внешняя.
Не хватает хода назад включающей рукоятки при отводе ее назад перед включением.	Расширить окно в крышке автомата, в котором движется рукоятка, или отогнуть деталь, мешающую ее ходу.
Не входит в зацепление рычаг механизма свободного расцепления при подготовке его к включению при отводе рукоятки автомата назад.	В этом случае автомат лучше заменить, так как можно временно восстановить работу автомата воздействием на его рычаги, но потом может этот отказ повториться.
Механизм тепловой защиты автомата разрегулирован и отключает его, как при перегрузке.	Нужно отрегулировать тепловую защиту согласно нагрузке на автомат. Может действовать блокировка от включения автомата при снятой крышке.
Самопроизвольное отключение автомата во время работы	
Короткое замыкание или перегрузка, несимметрия питающего напряжения. Нагрев зажимов проводов и передача тепла на тепловые элементы защиты.	Разобрать зажимы, зачистить поверхности соприкосновения деталей и снова собрать.
Автомат не включается вручную	
При отключении мощного автомата не хватает усилия его включить.	Применить съемную добавочную рукоятку, входящую в комплект автомата.
Имеется препятствие ходу рукоятки в конце ее движения назад.	Расширить прорезь крышки вниз.

ONLINE ВИДЕО

Как проверить автоматический выключатель	*Как проверить автоматический выключатель на работоспособность*	*Отключается вводной автомат. Причины неисправности. Проверка температуры контактов*

ГЛАВА 54

РЕМОНТ МАГНИТНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ И КОНТАКТОРОВ

Характеристики и подключение пускателей

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Магнитный пускатель *– элемент системы электроснабжения, предназначенный для дистанционного управления различными силовыми нагрузками, например, мощными лампами, электронагревательными приборами, электродвигателями.*

За счет тепловых реле магнитный пускатель способен обеспечивать защиту двигателей от токовых перегрузок.

Современные магнитные пускатели **классифицируются**:

- по назначению (нереверсивные, реверсивные);
- по наличию или отсутствию тепловых реле и кнопок управления;
- по степени защиты от воздействия окружающей среды;
- по уровням коммутируемых токов;
- по рабочему напряжению катушки.

Магнитные пускатели применяются для управления электрическими нагрузками в диапазоне мощностей от 75 Вт до 80 кВт.

ПРИМЕЧАНИЕ

Управление нагрузкой производится непосредственным подключением нагрузки через главные контакты пускателя к сети 220/380 В. Сигнал управления подается на катушку пускателя и это приводит к замыканию главных контактов.

ONLINE ВИДЕО

Как выбрать контактор? Как выбрать магнитный пускатель? Отличие контактора от магнитного пускателя	*Как подключить магнитный пускатель (контактор). Учимся подключать трехфазный электродвигатель*	*Кнопки управления. Принцип действия, устройство. Разборка, сборка и ремонт кнопочного поста*
Контакторы: назначение, принцип работы, параметры, блок контакты NO NC, контакты питания катушки, надписи	*Лайфхак для простого подключения магнитного пускателя (контактора). Схема управления двигателем*	*Магнитные пускатели, контакторы, электромагнитные реле. Устройство и принцип действия*
Неправильная сборка схемы магнитного пускателя (контактора) от производителя. Зачем так делать?	*Подключение кнопочного пускателя. Схема подключения электродвигателя к ручному пускателю ПРК*	*Подключение магнитного пускателя (контактора) с двумя сигнальными лампами, световая сигнализация*
Подключение электродвигателя 380 В на 220 В через конденсаторы и кнопку ПНВС. Реверс	*Реверсивная схема пускателя электродвигателя. Пошаговая инструкция соединения и лайфхаки*	*Почему вместо контактора нельзя использовать обычный выключатель?*

ONLINE ВИДЕО

Магнитный пускатель для чайников	*Магнитный пускатель КМИ*	*Магнитный пускатель*
Подключение электромагнитного пускателя ПМЕ	*Магнитный пускатель. Как устроен, для чего нужен, как он работает!?*	*Устройство и принцип работы магнитного пускателя (контактора)*
Не работает пускатель, но питание приходит	*Как подключить магнитный пускатель. Схема*	*Контакторы и надписи на них. Что означают*
Проверка пускателя, замер межфазного напряжения	*Как подключить магнитный пускатель. Схема подключения*	*Как подключить трехфазный двигатель через магнитный пускатель*
Электромагнитный пускатель, подключение, принцип работы в отоплении	*Пускатель или контактор? Чем отличается пускатель от контактора?*	*Магнитный пускатель ПМЕ, ПМА. Схема управления асинхронным электродвигателем*

ONLINE ВИДЕО

Схема пуска электродвигателя 220 В через магнитный пускатель с тепловым реле. Пошагово и со схемой	*Схема пуска электродвигателя 380 В через магнитный пускатель с тепловым реле. Пошагово и со схемой*	*Схема пуска электродвигателя 380 В через магнитный пускатель с тепловым реле. Пошагово и со схемой*
Реверсивный контактор. Как устроен и для чего нужен	*Схемы управления магнитным пускателем*	*Неправильная сборка схемы магнитного пускателя*

Схема трехступенчатого переключателя

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Переключающее устройство *– это контактор, предназначеный для изменения числа витков первичной (или вторичной) обмотки трансформатора и, следовательно, коэффициента трансформации для регулирования вторичного напряжения трансформатора.*

На **рис. 54.1** приведена принципиальная электрическая схема трехступенчатого переключателя (положение переключателя соответствует номинальному напряжению во вторичной обмотке трансформатора).

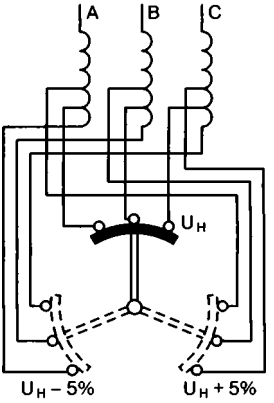


Рис. 54.1. *Принципиальная электрическая схема трехступенчатого переключателя коэффициента трансформации трансформатора*

ПРАВИЛО

Если рукоятку переключателя повернуть на 120° по часовой стрелке, в первичной обмотке число витков уменьшится, а вторичное напряжение увеличится на 5 %. При повороте переключателя в обратную сторону вторичное напряжение уменьшится также на 5 %.

Проведение осмотра пускателя перед вводом в эксплуатацию

Перед вводом пускателя в эксплуатацию необходимо произвести его осмотр и убедиться в полной исправности всех его частей. Для этого проходим несколько шагов.

Шаг №1. У пускателя, имеющего защитную оболочку, снимаем крышку и проверяем надежность уплотнений, которые должны обеспечивать пыле- и влагонепроницаемость оболочки.

Шаг №2. Очищаем пускатель от пыли, если она попала в него во время транспортировки или хранения.

Шаг №3. Чистой тряпкой удаляем антикоррозионную смазку с рабочих поверхностей магнитопроводов контактора, если эта смазка мешает четкому включению и отключению. Для этого снимаем верхнюю (подвижную) часть корпуса контактора.

Шаг №4. Убеждаемся в свободном ходе всех подвижных частей пускателя. У контактора проверяем наличие и исправность возвратных пружин подвижной системы. А ход подвижной половинки магнитопровода проверяем нажатием рукой: при отпускании якорь должен свободно возвращаться в исходное положение.

Шаг №5. Проверяем правильность установки силовых контактов и наличие просвета между ними.

ВНИМАНИЕ

Контакты должны соприкасаться по всей поверхности без просветов: как в момент начального прикосновения, так и во время включенного состояния.

Шаг №6. Мегомметром на напряжение 500..1000 В измеряем сопротивление изоляции токоведущих частей пускателя как между собой, так и относительно корпуса.

ВНИМАНИЕ

Если сопротивление изоляции меньше 1 МОм, пускатель необходимо просушить.

Шаг №7. Проверяем затяжку всех винтов, крепящих детали пускателя.

Шаг №8. При наличии в пускателе тепловых реле, проверяем соответствие нагревателя защищаемому электродвигателю, а также уставку на соответствующий ток с учетом поправки на температуру окружающей среды.

ПРИМЕЧАНИЕ

В оболочке пускателя предусмотрено устройство, позволяющее без снятия крышки оболочки и без применения инструмента осуществить вручную возврат контактов теплового реле после его срабатывания (устройство не должно мешать срабатыванию реле).

После проверки пускатель устанавливаем на подготовленное для него место. Монтаж проводов силовой цепи и цепи управления должен осуществляться согласно типовым принципиальным схемам.

ВНИМАНИЕ

Контактные соединения необходимо надежно затянуть, проходные отверстия и сальниковые ввода после прокладки проводов следует уплотнить, а кожух заземлить.

Проверка работы электрической схемы перед вводом в эксплуатацию

После проведения подготовительных операций и проверки правильности монтажа электрической схемы можно подавать питающее напряжение в цепи управления при отключенных силовых цепях.

Нажатием соответствующих кнопок управления «ПУСК», «СТОП», «ВПЕРЕД», «НАЗАД» и т. д. проверяем **четкость и правильность срабатывания**:

- контактора;
- электрических блокировок;
- действие тепловой защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ

Проверка тепловой защиты производится воздействием на кнопки или рычаги, имитирующие перегрузку работы электродвигателя.

Если проверка работы цепей управления дала положительные результаты, тогда подаем напряжение на силовые цепи пускателя и переходим к его окончательной проверке.

Основные неисправности, которые могут препятствовать включению пускателя

Если же во время проверки обнаружились сбои в работе схемы, то пускатель нужно отключить от питающего напряжения и устранить найденные неисправности или неточности в монтаже.

Основные неисправностей, которые могут **препятствовать включению пускателя**:

- обрыв цепи питания катушки контактора;
- повреждение катушки;
- сильное загрязнение или окисление контактов кнопки управления «ПУСК»;
- заедание подвижной системы пускателя (контактор гудит, но не включается);
- напряжение питания составляет менее 35% от номинального;
- несоответствие номинального напряжения катушки напряжению питания;
- слишком большое усилие возвратных или контактных пружин;
- неисправность вспомогательного контакта, участвующего в схеме самоподхвата контактора (при отпускании кнопки «ПУСК» контактор отключается).

Неисправности пускателя при неудавшейся остановке двигателя

Неисправности пускателя при остановке, когда нажатие кнопки «СТОП» **не ведет к отключению пускателя**:

- неправильное подключение контактора;
- слабость возвратных пружин;
- заедание подвижной системы;
- неисправность или залипание вспомогательного контакта контактора (после отпускания кнопки «СТОП» отключившийся контактор вновь самопроизвольно включается);

- «залипание» магнитной системы, вызванное загрязнением соприкасающихся поверхностей подвижной и неподвижной частями магнитопровода.

Все возможные неисправности, наблюдающиеся при включении и отключении пускателя, должны быть устранены. В случае невозможности их устранения в условиях эксплуатации, необходимо заменить неисправный пускатель на исправный.

Обслуживание пускателей в ходе эксплуатации

Обслуживание магнитного пускателя в процессе эксплуатации может оказать положительное влияние на его работу. Хотя пускатель является неприхотливым аппаратом и практически не требует ухода, все же надо иметь в виду, что во время эксплуатации у него, как и у любого другого электрического аппарата, может произойти износ или выход из строя отдельных деталей и узлов.

Своевременно проводящийся внешний осмотр и вовремя принятые меры по устранению возникших неисправностей увеличивают срок службы пускателя.

ВНИМАНИЕ

В зависимости от условий эксплуатации, но не реже одного раза в два месяца, должен производиться периодический осмотр пускателя при его полном отключении от сети.

Во время осмотра проверяем затяжку всех винтовых соединений и следим за отсутствием скопления пыли и грязи внутри пускателя.

О повышенной температуре токоведущий частей пускателя

Если в процессе работы пускателя выявилась повышенная температура катушки контактора, то причиной завышенной температуры катушки, в большинстве случаев, может являться появление в ней межвитковых замыканий. В этом случае катушку меняем на новую.

В остальных случаях сильный нагрев катушки может произойти по таким причинам:

- повышенное питающее напряжение (105% номинального);
- работа пускателя при повышенной частоте срабатываний;
- неплотное прилегание якоря к неподвижному магнитопроводу.

Сильный нагрев токоведущих частей, вплоть до оплавления изоляции, может произойти в таких случаях:

- при перегрузке пускателя;
- при ослаблении затяжки контактных соединений;
- при загрязнении контактных поверхностей.

Повышенный нагрев силовых контактов может быть вызван **значительным износом контактов** из-за следующего:

- неправильно выбранного режима работы пускателя;
- коммутации токов короткого замыкания;
- нормальным износом к концу гарантированного срока службы.

ВНИМАНИЕ

Неисправные контакты следует заменить немедленно, так как при дальнейшей эксплуатации они могут свариться (залипнуть между собой) и вызвать полный отказ работы контактора.

Если наблюдается почернение или обгорание поверхности, то такой контакт обрабатываются замшей или чистой тряпкой смоченной в спирте. Только в отдельных случаях сильно оплавившиеся контакты допускается слегка зачистить тонкой шкуркой и затем промыть спиртом, после чего протереть чистой сухой тряпкой.

ВНИМАНИЕ

Чистка поверхности контактов при помощи напильника или надфиля недопустима, так как это приводит к быстрому износу контактов.

Смазка контактных поверхностей не допускается, так как от дуги она выгорает и продуктами горения загрязняет контактные поверхности, вследствие чего увеличивается нагрев контактов, и создаются условия для их приваривания.

В случае значительного износа силовых контактов одной из фаз, все контакты должны быть заменены новыми, не зависимо от состояния контактов других фаз.

О борьбе с появлением гудения и вибрации контактора

При нормальной работе контактор издает лишь легкий шум, подобный гудению трансформатора. А вот сильное гудение и вибрация кон-

тактора, помимо завышенной температуры деталей, является второй основной неисправностью пускателя.

Сильное гудение и вибрация могут быть вызваны такими **причинами**:

- слабой затяжкой винтов, крепящих верхнюю и нижнюю части контактора;
- повышенной жесткостью контактных пружин;
- повреждением короткозамкнутого витка на неподвижном магнитопроводе сердечника;
- неплотным прилеганием якоря к неподвижному магнитопроводу, вызванное или загрязнением соприкасающихся поверхностей, или их повреждением (появление раковин);
- заеданием подвижной системы;
- снижением питающего напряжения более чем на 15% от номинального значения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Более существенное обслуживание пускателя должен проводить квалифицированный персонал, имеющий для ремонта и обслуживания необходимую аппаратуру и техническую документацию.

Основания для проведения поддерживающего ремонта магнитных пускателей

Как и любое другое электротехническое устройство, магнитный пускатель периодически нуждается в техническом обслуживании и, как исключение, в ремонте.

ПРИМЕЧАНИЕ

Чаще всего неисправный магнитный пускатель НЕ РЕМОНТИРУЕТСЯ, а заменяется исправным. Но когда это сделать нет возможности, то для продления ресурса (до приобретения нового пускателя) приходится производить его поддерживающий ремонт.

Такой ремонт магнитного пускателя сводится к чистке или замене деталей и узлов, не подлежащих восстановлению и регулировке.

Для ремонта могут понадобиться такие **запасные части**: катушка; отдельные контакты или контактная группа в целом; детали корпуса; пружины; винты; зажимные пластины.

Неисправности магнитных пускателей

Неисправность №1. *Разновременность замыкания и состояние главных контактов.*

Устранение. Затянуть хомутик, держащий главные контакты на валу. При наличии на контактах следов окисления, наплывов или застывших капель металла, контакты надо зачистить.

Неисправность №2. *Сильное гудение магнитной системы электромагнитного пускателя.*

ПРИМЕЧАНИЕ

Сильное гудение магнитной системы может привести к выходу из строя катушек пускателя. При нормальной работе пускатель издает лишь слабый шум. Сильное гудение пускателя свидетельствует о его неисправности.

Устранение. Для устранения гудения пускатель надо отключить и сделать следущее:

- во-первых, проверить затяжку винтов, крепящих якорь и сердечник;
- во-вторых, проверить, не поврежден ли короткозамкнутый виток, уложенный в прорезы сердечника;
- в-третьих, проверить гладкость поверхности соприкосновения обеих половин электромагнитной системы пускателя и точность пригонки их, так как в электромагнитных пускателях ток в обмотке сильно зависит от положения якоря.

ПРИМЕЧАНИЕ

Так как через катушку протекает переменный ток, то и магнитный поток изменяет свое направление и в какие-то моменты времени становится равным нулю. В этом случае противодействующая пружина будет отрывать якорь от сердечника и возникнет дребезг якоря. Короткозамкнутый виток устраняет это явление.

При наличии зазора между якорем и сердечником ток, проходящий через катушку, больше номинального.

Для проверки точности соприкосновения между якорем и сердечником электромагнитного пускателя между ними можно подложить листок копировальной бумаги и листок тонкой белой бумаги. Замкнуть пускатель от руки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Поверхность соприкосновения должна быть не менее 70 % сечения магнитопровода.

При меньшей поверхности соприкосновения этот дефект можно устранить правильной установкой сердечника электромагнитной системы пускателя.

Если же **образовался общий зазор**, то необходимо шабровать поверхность вдоль слоев листовой стали магнитной системы.

Неисправность №3. *Отсутствие реверса в реверсивных магнитных пускателях.*

Устранение. Подогнать тяги механической блокировки.

Неисправность №4. *Прилипание якоря к сердечнику пускателя.*

Прилипание якоря к сердечнику происходит в результате отсутствия немагнитной прокладки или недостаточной ее толщины. Пускатель может не отключиться даже при полном снятии напряжения с катушки.

Устранение. Необходимо проверить наличие и толщину немагнитной прокладки или воздушный зазор.

Неисправность №5. *При включении пускатель не становится на самоблокировку.*

Устранение. Проверить состояние блокировочных контактов пускателя. Контакты во включенном положении должны плотно прилегать друг к другу и включаться одновременно с главными контактами пускателя. Зазоры блок-контактов (кратчайшее расстояние между разомкнутым подвижным и неподвижным контактом) не должны превышать допустимых значений.

Необходимо произвести регулировку блок-контактов пускателя. Если провал блок-контакта становится меньше 2 мм, то блок-контакты надо заменить.

Своевременные испытания и регулировка электромагнитных пускателей позволяют заблаговременно избежать неполадок и повреждений.

Восстановление контактов

Контакты магнитных пускателей, на поверхности которых имеются следы подгорания и нагара, следует очистить хлопчатобумажной салфеткой, смоченной в уайт-спирите, бензине или другом подобном растворителе.

ПРИМЕЧАНИЕ

Брызги и «корольки» металла на поверхности контактов требуют зачистки. Желательно при этом не использовать надфиль, грубую шкурку и пр., чтобы не стереть контакты.

Восстановление контактной пружины

При изломе или ослаблении контактную пружину следует заменить новой или исправной с отбракованного по другому поводу пускателя.

Восстановление резьбы в отверстиях под винты крепления токоподводящих проводов

При износе или срыве резьбы в отверстиях под винты крепления токоподводящих проводов отверстия с поврежденной резьбой следует поступить так:

- рассверлить;
- метчиком нарезать резьбу следующего большего размера.

Восстановление зоны соприкосновения якоря и сердечника магнитопровода

ПРИМЕЧАНИЕ

Известно, что магнитопровод магнитного пускателя состоит из якоря и сердечника, на котором укреплен короткозамкнутый виток.

Загрязненные поверхности соприкосновения сердечника и якоря рекомендуется очистить обтирочным материалом, смоченным в бензине. При наличии на поверхности соприкосновения следов коррозии поверхность чаше всего аккуратно зачищают шлифовальной шкуркой, чтобы не снять слой металла.

ПРИМЕЧАНИЕ

Поверхность соприкосновения должна составлять не менее 70% от сечения кернов.

Восстановление поврежденного короткозамкнутого витка магнитопровода

Поврежденный короткозамкнутый виток в пускателях подлежит замене новым. Поврежденный короткозамкнутый виток пускателя следует спилить напильником с одной стороны и снять. Место установки витка нужно зачистить надфилем. Новый короткозамкнутый виток изготовляют из латуни.

ВНИМАНИЕ

Замена материала и изготовление короткозамкнутого витка с отклонениями размеров запрещается, так как это приводит к усилению гудения включенного пускателя или к недопустимому нагреву витка.

Изготовленный короткозамкнутый виток у пускателей нужно запрессовать в пазы сердечника или надеть на сердечник, отогнуть крепящие его пластины.

Восстановление выводных зажимов магнитных пускателей

Обгоревшие или окислившиеся контактные поверхности выводных зажимов следует зачистить, протереть обтирочным материалом, смоченным в бензине, и залудить припоем.

При износе или срыве резьбы в отверстиях под винты крепления токоподводящих проводов отверстия заваривают медью или латунью с помощью газовой горелки. Место заварки нужно зачистить напильником, прокернить и просверлить отверстие для нарезания новой резьбы. В просверленном отверстии уже можно нарезать резьбу размером поврежденной резьбы.

Восстановление реверса в реверсивных магнитных пускателях

Отсутствие реверса в реверсивных пускателях рекомендуется устранить подгонкой тяг механической блокировки.

Устранение сильного гудения магнитной системы контактора

Сильное гудение магнитной системы может привести к выходу из строя катушек контактора. При нормальной работе контактор издает лишь слабый шум. Сильное гудение контактора свидетельствует о его неисправности.

Для устранения гудения надо отключить контактор и проверить:

- затяжку винтов, крепящих якорь и сердечник;
- не поврежден ли короткозамкнутый виток, уложенный в прорезы сердечника;
- гладкость поверхности соприкосновения обеих половин электромагнитной системы пускателя и точность их пригонки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Так как через катушку протекает переменный ток, то и магнитный поток изменяет свое направление и в какие-то моменты времени становится равным нулю. В этом случае противодействующая пружина будет отрывать якорь от сердечника и возникнет дребезг якоря. Короткозамкнутый виток устраняет это явление.

Так как в электромагнитных контакторах ток в обмотке сильно зависит от положения якоря. При наличии зазора между якорем и сердечником ток, проходящий через катушку, становится больше номинального.

ПРИМЕЧАНИЕ

Своевременные испытания и регулировка электромагнитных пускателей позволяют избежать неожиданных неполадок и повреждений.

Основные неисправности переключающих устройств

При ремонте переключающих устройств особое внимание уделяют состоянию их контактной системы.

ПРИМЕЧАНИЕ

Причиной выхода из строя трансформаторов в десяти случаях из ста бывает неисправность переключающих устройств, в частности, повреждение их контактов.

Основные **неисправности в контактной системе** переключающего устройства:

- недостаточная плотность прилегания подвижных контактов к неподвижным;
- ослабление соединений регулировочных отводов к контактам переключающего устройства;
- нарушение прочности соединений отводов с обмоткой и др.

Эти неисправности вызывают повышенные местные нагревы, часто приводящие к выходу трансформатора из строя.

Переключающие устройства РПН: устройство и принцип действия

Переключающие устройства РПН выполняются:

- с токоограничивающим реактором;
- с токоограничивающими сопротивлениями;
- без них.

На **рис. 54.2** приведено переключающее устройство РПН с реактором. **РПН состоит из таких элементов:**

- избирателя отводов Aj-Are обмотки;
- контакторов для отключения тока в цепях переключающего устройства;
- реактора или сопротивлений, с помощью которых ограничивается ток в переключаемой части обмотки во время перевода тока нагрузки с одного отвода на другой без разрыва цепи тока нагрузки трансформатора.

Кроме этого, переключающие устройства могут элементы иметь автоматики и сигнализации, а также **приводы**:

- ручной;
- электрический с кнопками управления;
- автоматический.

Электрическая схема каждой фазы устройства РПН (рис. 54.2, *а*) состоит из двух симметричных цепей (избиратель В с системой подвижных и неподвижных контактов, контакты К1 и К2 и реактор Р).

На схеме показано рабочее положение на одном из отводов обмотки РО. При необходимости перехода на другую ступень напряжения включением привода переключаются на соответствующие отводы контакты одной параллельной цепи, а затем — другой в такой последовательности:

- размыкается контакт К1 (или К2) контактора:
- избиратель одной цепи переходит на нужный отвод обмотки РО;
- контакт контактора замыкается (переход на другой отвод первой параллельной цепи окончен).

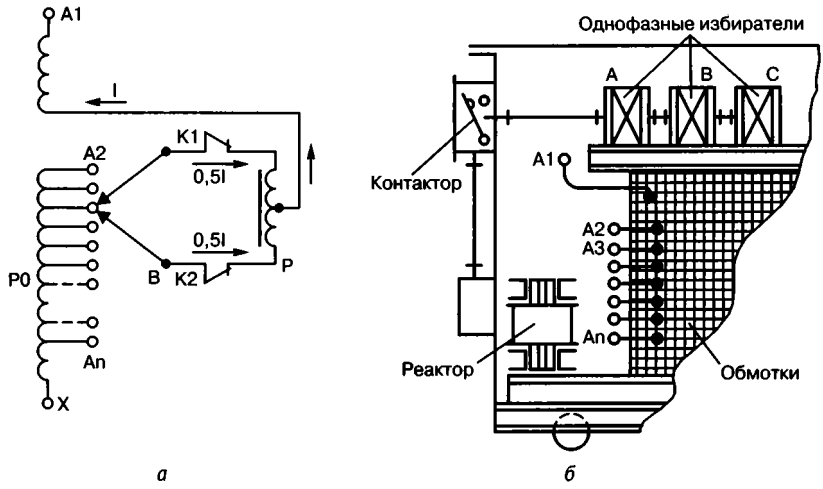


Рис. 54.2. *Переключающее устройство РПН с токоограничивающим реактором: а – электрическая схема (одной фазы); б – расположение в трансформаторе устройства РПН*

Далее в той же последовательности осуществляется переход другой параллельной цепи на тот же отвод, на который перешел избиратель первой цепи. На этом цикл перехода с одного отвода на другой без разрыва цепи рабочего тока заканчивается.

Реактор в этой схеме ограничивает ток в цепи «моста», когда одна параллельная цепь перешла на следующий отвод, а другая еще находится на предыдущем отводе.

ПРИМЕЧАНИЕ

Рабочий ток реактора при этом не ограничивается, так как индуктивное сопротивление реактора практически равно нулю, потому что в каждой половине его обмотки рабочие токи, а соответственно и магнитное поле, имеют противоположное направление.

Однофазные избиратели (**рис. 54.2, *б***) и реактор крепятся на ярмовых балках. Контактная система избирателей работает без разрыва цепи тока, их контакты не подгорают, поэтому избиратели располагают на активной части трансформатора.

ПРИМЕЧАНИЕ

Действие контакторов сопровождается разрывом тока в параллельных цепях и возникновением дуги, поэтому контакторы располагают в отдельном отсеке, заполненном трансформаторным маслом.

Это позволяет проводить осмотр и ремонт контакторов с заменой масла без вскрытия бака трансформатора.

Ремонт переключающего устройства ПБВ

Ремонт переключающего устройства ПБВ начинают с внимательного осмотра всех деталей.

СОВЕТ

Особое внимание нужно обратить на состояние рабочих поверхностей подвижных и неподвижных контактов.

При длительной работе контактов в масле они покрываются тонкой пленкой желтоватого цвета, которая увеличивает переходное сопротивление в контактах, вызывая их повышенный нагрев и повреждение.

Поэтому контакты старательно очищают, протирая технической салфеткой, смоченной в ацетоне или чистом бензине. Подгоревшие и оплавленные контакты заменяют новыми.

При ремонте переключающего устройства ПБВ:

- подтягивают все крепежные детали;
- заменяют поврежденные пружины;
- заменяют изолирующие детали и прокладки;
- проверяют отсутствие заеданий в контактах и совпадение рабочих поверхностей подвижных и неподвижных контактов;
- устраняют другие выявленные дефекты;
- обновляют надписи и обозначения на переключателе.

Проверяют полностью отремонтированный переключатель десятью циклами переключения по всем ступеням.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

***Цикл** – это ход механизма от первого положения до последнего и обратно.*

Ремонт переключающего устройства РПН

Ремонт переключающего устройства РПН значительно сложнее, чем переключателя ПБВ:

- производят очистку, промывку, протирку внутренних и внешних деталей;
- выполняют дополнительные работы, определяемые конструкцией отдельных частей переключателя и наличием большого числа контактов;
- проверяют состояние поверхностей контактов избирателя ступеней и контакторов;
- проверяют состояние электрической части приводного механизма (контактов контроллера; реле; конечных выключателей);
- контакты всех элементов переключающего устройства, покрытые копотью и слегка оплавленные, зачищают и обпиливают;
- удаляют подгары и наплывы металла;
- контакты с металлокерамическим покрытием промывают, а сильно поврежденные — заменяют новыми.

В системе привода могут быть **сверхдопустимые люфты**, которые устраняют:

- подтяжкой креплений;
- заменой деталей, имеющих разработанные отверстия и большой износ;
- регулировкой контактора и избирателя.

Ремонт отдельных частей переключающего устройства РПН обусловлен необходимостью их разборки и сборки.

ПРИМЕЧАНИЕ

В случае сборки и регулировки приводов следует руководствоваться рисками, которые наносятся на соединяемые детали при изготовлении трансформатора на заводе.

Ошибка в подключении отводов может стать причиной выхода из строя переключающего устройства, а следовательно, и трансформатора. Например, неправильное подключение реактора к контактору, нарушает последовательность работы контактной системы.

Типовые неисправности контакторов пускателей

Причина	Устранение
Нет напряжения на выходе аппарата после его включения	
Отсутствие касания подвижных и неподвижных контактов.	У пускателей нужно снять искрогасительную коробку и проверить касание контактов. Если есть мусор, мухи и другие насекомые, то они выпадут. Нужно также проверить плотность касания контактов и при слабом касании отрегулировать нажатие контактов. Регулировать нажатие контактов можно пружинами при их наличии, смещением неподвижных контактов по возможности, чисткой зазора магнитопровода.
Окисление контактов.	Контакты рекомендуется чистить напильником. Если на контактах нет напайки слоя серебра и они достаточного размера – надфилем, стеклянной наждачной бумагой. Для чистки контактов реле можно применять растворитель, не разрушающий металл.
Произошло заклинивание механизма из-за мусора или неисправности.	В таком случае нужно выяснить и устранить причину.
Обгорание одного или более зажимов для присоединения проводов	
Может происходить у пускателей и автоматов вместе с обгоранием пластмассового корпуса. Это может быть при слабом закреплении неподвижного контакта, который не был проверен при монтаже.	Нужно заменить автомат, съемную часть пускателя.
Перегрев и окисление зажимов в местах присоединения проводов	
Перегрев зажимов может быть также при малом сечении проводов. Слабое затягивание зажимов.	Нужно разобрать зажимы, зачистить и собрать снова, применив пружинные шайбы или контргайки.

ONLINE ВИДЕО

Электромагнитный пускатель. Основные неисправности и методы их устранения. Часть №1	*Электромагнитный пускатель. Основные неисправности и методы их устранения. Часть №2*	*Как подключить контактор или магнитный пускатель. Схема подключения*
Залип пускатель! Беда!	*Замена катушки*	*Ремонт пускателя 4100*

ONLINE ВИДЕО

Диагностика реверсивного пускателя	*Пускатель стучит как бешенный. Почему?*	*Почему гудит магнитный пускатель?*
Загудел магнитный пускатель ПМЕ-211. Как избавиться от этого?	*Контактор (пускатель магнитный) неисправность*	*Короткое замыкание и последствия на контактах контактора*
Магнитный пускатель (контактор) дребезжит. Отматываем обмотку	*Неисправность механической блокировки реверсивного пускателя ПМЕ*	*Почему так сильно гудит контактор (магнитный пускатель)?*
Как почистить контактор, магнитный пускатель	*Почему гудит катушка пускателя (контактора)*	*Контактор «гудит». Причины и методы устранения*
Поиск неисправности контактора	*Пускатель EKF сгорел на второй день*	*Разборка контактора типа КМИ, КМЭ*

ONLINE ВИДЕО

Почистить контакты пускателя (контактора)	*Пускатель КБ-408. Причина залипания*	*Электромагнитный пускатель серии ПМЕ гудит*
Как (почему) сгорела катушка пускателя?	*ПМА-6 102 УХЛ4. Разборка пускателя*	*Устранение гула магнитного пускателя*
Ремонт магнитного пускателя (контактора) ПМА, ПМЕ. Устройство, разборка, сборка, замена контактов	*Проверка магнитного пускателя в работе. Собираем схему «пуск» – «стоп»*	*Ремонт электромагнитного контактора (пускателя) КМЭ. Диагностика, разборка, сборка, замена деталей*
Рычит магнитный контактор – починим!	*Сборка магнитного пускателя*	*Сгорел магнитный пускатель*
Магнитный пускатель контактор будет работать вечно!	*Работа магнитного пускателя при понижении напряжения*	*Разборка и сборка малогабаритного контактора*

ГЛАВА 55

РЕМОНТ ТЕПЛОВЫХ РЕЛЕ

Принцип действия тепловых реле

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Тепловые реле *– это электрические аппараты, предназначенные для защиты электродвигателей от токовой перегрузки.*

Наиболее распространенные типы тепловых реле — ТРП, ТРН, РТЛ и РТТ.

Долговечность энергетического оборудования в значительной степени зависит от перегрузок, которым оно подвергается во время работы. Для любого объекта можно найти зависимость длительности протекания тока от его величины, при которых обеспечивается надежная и длительная эксплуатация оборудования. Эта зависимость представлена на **кривой 1 (рис. 55.1)**.

При номинальном токе допустимая длительность его протекания равна бесконечности. **Протекание тока, больше номинального**, приводит:

- к дополнительному повышению температуры;
- к дополнительному старению изоляции.

ПРИМЕЧАНИЕ

Поэтому чем больше перегрузка, тем кратковременнее она допустима.

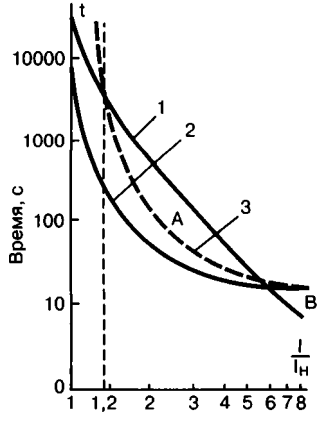


Рис. 55.1. *Времятоковые характеристики теплового реле и защищаемого объекта*

Кривая 1 на **рис. 55.1** устанавливается исходя из требуемой продолжительности жизни оборудования. Чем короче его жизнь, тем большие перегрузки допустимы.

При идеальной защите объекта зависимость $t_{ср}$ (I) для реле должна идти немного ниже кривой для объекта.

Для защиты от перегрузок наиболее широкое распространение получили **тепловые реле с биметаллической пластиной**.

Биметаллическая пластина теплового реле состоит **из двух пластин**:

- одна пластина имеет больший температурный коэффициент расширения;
- другая пластина — меньший температурный коэффициент расширения.

В месте прилегания друг к другу пластины жестко скреплены:

- либо за счет проката в горячем состоянии;
- либо за счет сварки.

ПРАВИЛО

Если закрепить неподвижно такую пластину и нагреть, то произойдет изгиб пластины в сторону материала с меньшим температурным коэффициентом расширения. Именно это явление используется в тепловых реле.

Широкое распространение в тепловых реле получили **материалы**:

- инвар (малое значение А);
- немагнитная или хромоникелевая сталь (большое значение А).

Нагрев биметаллического элемента теплового реле может производиться за счет тепла, выделяемого в пластине током нагрузки. Очень часто нагрев биметалла производится от специального нагревателя, по которому протекает ток нагрузки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Лучшие характеристики получаются при комбинированном нагреве, когда пластина нагревается и за счет тепла, выделяемого током, проходящим через биметалл, и за счет тепла, выделяемого специальным нагревателем, также обтекаемым током нагрузки.

Прогибаясь, биметаллическая пластина своим свободным концом воздействует на контактную систему теплового реле.

Времятоковые характеристики теплового реле

Основной характеристикой теплового реле является зависимость времени срабатывания от тока нагрузки (времятоковая характеристика). В общем случае до начала перегрузки через реле протекает ток I_o, который нагревает пластину до температуры q_o.

ПРИМЕЧАНИЕ

При проверке времятоковых характеристик тепловых реле следует учитывать, из какого состояния (холодного или перегретого) происходит срабатывание реле.

При проверке тепловых реле надо иметь в виду, что нагревательные элементы тепловых реле термически неустойчивы при токах короткого замыкания.

Разработка реле и ремонт его в условиях эксплуатации (потребителями) не допускаются, так как при этом защитные характеристики и работоспособность реле могут быть нарушены.

Тепловое реле серии ТРН: назначение, устройство, внешний вид

Тепловые токовые **двухполюсные** реле серии ТРН открытого исполнения общепромышленного применения предназначены для защиты трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором от перегрузок недопустимой продолжительности. Реле выпускаются с номинальными токами тепловых элементов от 0,32 до 40 А на напряжение до 500 В переменного тока с частотой 50 и 60 Гц и до 440 В постоянного тока.

Реле монтируются вне электродвигателей и при срабатывании воздействуют на цепь управления катушки контактора, вызывая отключение электродвигателя.

Реле предназначены для встраивания в магнитные пускатели серии ПМЕ и ПА-300, а также для установки в различных комплектных устройствах станций управления электроприводами.

ПРИМЕЧАНИЕ

Все типы реле ТРН имеют одинаковую конструкцию и отличаются только нагревателями, размерами силовых зажимов и корпусов.

Рис. 55.2. Внешний вид и основные элементы теплового реле ТРН

Реле состоит из заключенных в пластмассовый корпус и связанных между собой:

- теплового элемента;
- эксцентрикового регулятора тока уставки;
- температурного компенсатора;
- защелочного механизма срабатывания;
- кнопки ручного возврата;
- одного подвижного нормально-замкнутого контакта мостикового типа.

На **рис. 55.2** рассмотрены основные узлы теплового реле типа ТРН-40.

Тепловое реле серии ТРН: принцип действия и электрическая схема

На **рис. 55.3** показана **электрическая схема реле**. Напряжение питания на обмотки двигателя подается через два биметаллических элемента, обозначенные парами контактов **1-2**, **3-4** (третья фаза на двигатель подается напрямую). Входное напряжение подается на зажимы **1** и **3**, а выходное — снимается с зажимов **2** и **4**.

ПРИМЕЧАНИЕ

Пунктирная линия указывает на связь блока с подвижным нормально замкнутым контактом.

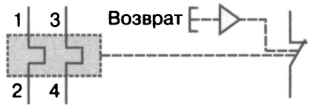


Рис. 55.3. Электрическая схема реле ТРН

После срабатывания реле нажатие кнопки «ВОЗВРАТ» приводит в исходное состояние исполнительный механизм и подвижный контакт реле.

Тепловые реле серии ТРП: назначение и устройство

Тепловые реле серии ТРП предназначены для встраивания в магнитные пускатели серии ПА, а также для установки в различных комплектных устройствах станций, управления электроприводами.

Тепловые токовые **однополюсные** реле серии ТРП открытого исполнения (**рис. 55.4**) с номинальными токами тепловых элементов от 1 до 600 А работают с теми же напряжения, что и реле ТРН. Они также монтируются вне электродвигателей и при срабатывании воздействуют на цепь управления катушки контактора, вызывая отключение электродвигателя.

Реле состоит из заключенных в пластмассовый корпус и связанных между собой:

- теплового элемента;
- эксцентрикового регулятора тока уставки;
- кнопки ручного возврата;
- одного подвижного нормально-замкнутого контакта.

Рис. 55.4. *Внешний вид теплового реле серии ТРП*

Тепловые реле серии ТРП: принцип действия и электрическая схема

На **рис. 55.5** изображена электрическая схема реле ТРП. Фаза подается на обмотку электродвигателя через биметаллический элемент, обозначенный парой контактов **1-2** (две другие фазы подаются на двигатель напрямую).

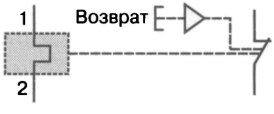


Рис. 55.5. *Электрическая схема реле ТРП*

Входное напряжение подается на зажим **1**, а выходное снимается с зажима **2**. Пунктирная линия указывает на связь блока с парой подвижных нормально замкнутых контактов. При срабатывании реле нажатие кнопки «ВОЗВРАТ» приводит исполнительный механизм и подвижный контакт реле в исходное состояние.

Электротепловые реле типа РТИ: назначение, устройство и подключение к контактору

Электротепловые реле серии РТИ открытого исполнения (**рис. 55.6**) являются электрическими устройствами общепромышленного приме-

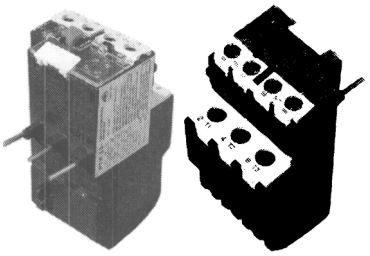


Рис. 55.6. Внешний вид электротеплового реле РТИ

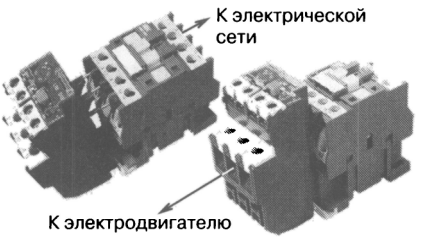


Рис. 55.7. Подключение реле РТИ к контактору

нения, имеющие собственное потребление энергии и выпускаются на токи от 0,1 до 93 А.

Реле серии РТИ предназначены для защиты электродвигателей от:

- перегрузки;
- асимметрии фаз;
- затянутого пуска;
- заклинивания ротора.

Реле серии РТИ устанавливаются непосредственно на контактор.

Своими медными штыревыми контактами реле подключается к выходным контактам контактора, а электродвигатель, соответственно, подключается к выходным контактам реле (**рис. 55.7**).

Внутри реле расположены исполнительный механизм и три независимых друг от друга биметаллических элемента, которые через систему рычагов исполнительного механизма воздействуют на подвижные контакты реле.

В реле этой серии применен **смешанный нагрев** биметаллического элемента, при котором ток проходит через нагревательный элемент, а затем через пластину.

Биметаллический элемент состоит из нагревательного элемента и биметаллической пластины. Нагревательный элемент выполнен из нихромовой проволоки, которая через изоляционный материал намотана поверх пластины. Количество витков и сечение провода соответствует номинальному току электродвигателя.

Нижней частью пластина жестко закреплена с выходным контактом реле, а верхней подвижной частью связана с системой рычагов исполнительного механизма. При прохождении тока выше номинального значения нихромовая проволока раскаляется и нагревает пластину, которая под действием тепла изгибается и своим движением приводит в действие исполнительный механизм, который переключает подвижные контакты.

На **рис. 55.8** показано внутреннее устройство теплового реле серии РТИ.

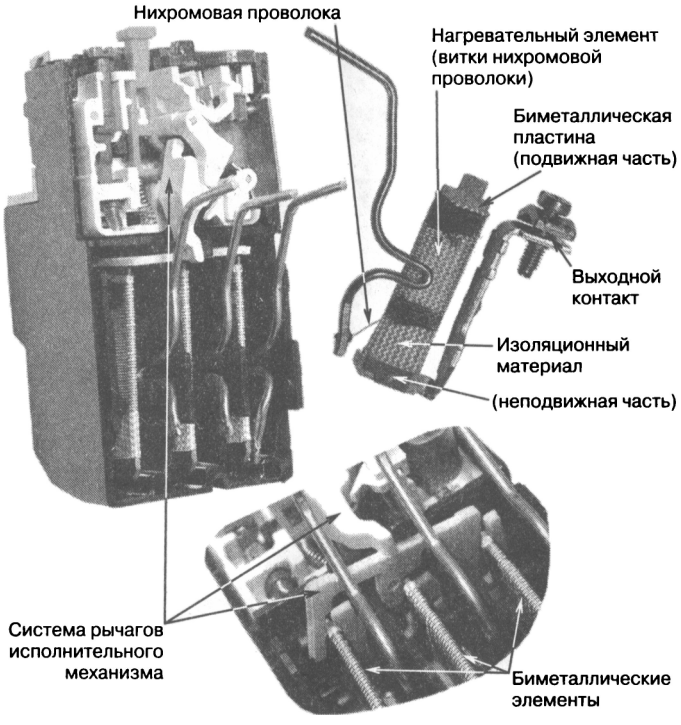


Рис. 55.8. *Внутреннее устройство реле РТИ*

В зависимости от величины протекающего тока в реле предусмотрена **уставка срабатывания по току**, влияющая на силу изгиба пластины и регулирующаяся поворотным регулятором, расположенным на панели управления реле. Необходимый ток уставки срабатывания устанавливается вращением диска регулятора, совмещая значение тока (в амперах) на шкале с отметкой на корпусе (**рис. 55.9**).

Помимо поворотного регулятора, на панели управления расположена кнопка «**TEST**», предназначенная для имитации срабатывания реле при перегрузке. Нажатие этой кнопки включает индикатор срабатывания и изменяет положение подвижных контактов:

- нормально-замкнутый (**95-96**) — размыкается;
- нормально-разомкнутый (**97-98**) — замыкается.

«**Индикатор**» информирует о текущем состоянии реле. При нажатии кнопки «**STOP**» контакты (**95-96**) — размыкаются, а контакты (**97-98**) — остаются в разомкнутом состоянии.

СОВЕТ

*При использовании в схемах сигнализации пары (**97–98**) этот момент необходимо учитывать.*

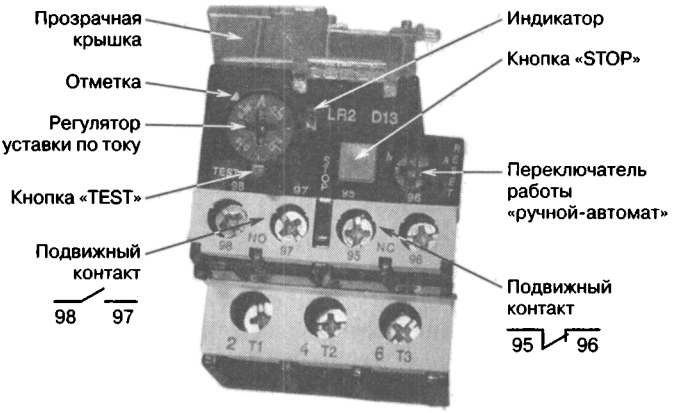


Рис. 55.9. *Передняя панель электротеплового реле РТИ*

Электротепловое реле может работать в **ручном** или **автоматическом** режиме (по умолчанию стоит автоматический режим). При повороте влево переключатель синего цвета «**RESET**» выводится из зацепления и переходит в режим кнопки (**рис. 55.10**), при нажатии которой осуществляется **ручное** включение реле.

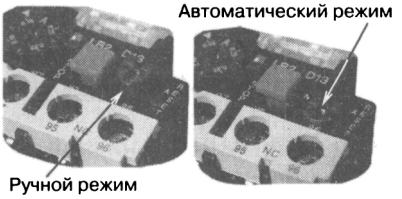


Рис. 55.10. *Переключатель режимов реле (ручной и автоматический)*

При нажатии на переключатель и его повороте вправо реле переводится в **автоматический** режим. При этом переключатель входит в зацепление и остается в нажатом положении.

Для предотвращения несанкционированного изменения уставки реле используется прозрачная крышка, которая закрывает диск регулятора. При желании крышку можно опломбировать.

На электрической схеме (**рис. 55.11**) показано взаимодействие элементов реле между собой. Напряжение питания на электродвигатель подается через биметаллические элементы, обозначенные парами контактов **1-2, 3-4, 5-6**.

Входное напряжение подается на зажимы **1, 3, 5**, а выходное напряжение снимается с зажимов **2, 4, 6**. Пунктирная линия указывает на связь блока с парами подвижных размыкающих (**95-96**) и замыкающих (**97-98**) контактов.

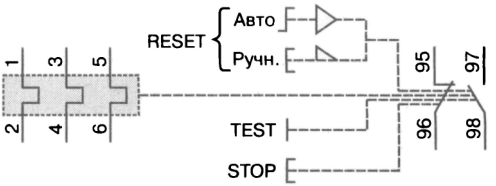


Рис. 55.11. *Электрическая схема реле РТИ*

Кнопками «**TEST**» и «**RESET**» изменяется положение подвижных контактов реле, а кнопкой «**STOP**» изменяется положение только размыкающего (**95-96**) контакта.

Принципиальная схема подключения нереверсивного пускателя с электротепловым реле

На **рис. 55.12** приведена типовая схема подключения нереверсивного открытого магнитного пускателя. Данная схема предназначена для пуска, останова и тепловой защиты асинхронных электродвигателей.

ПРИМЕЧАНИЕ

От схемы подключения нереверсивного контактора она отличается наличием электротеплового реле, что позволило дополнительно защитить двигатель от тепловых и токовых перегрузок.

Цепь управления получает питание от фазы **A** и нуля **N**. В схему цепи управления входят:

- кнопка SB1 «СТОП»;
- кнопка SB2 «ПУСК»;
- нормально-замкнутый контакт теплового реле KK1.1 с номерами (**95-96**);
- катушка контактора KM1;
- вспомогательный контакт 13НО-14НО, включенный параллельно кнопке «ПУСК».

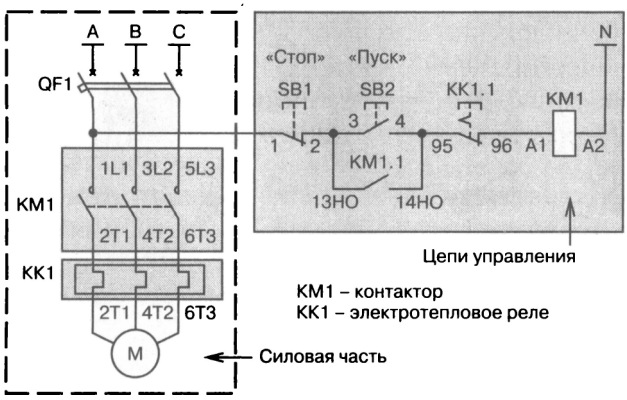


Рис. 55.12. *Принципиальная электрическая схема подключения нереверсивного пускателя*

В **силовую часть** входят:

- трехполюсный автоматический выключатель QF1;
- три пары силовых контактов (1/L1-2/T1), (3/L2-4/T2), (5/L3-6/T3) контактора КМ1;
- тепловое реле КК1, подключенное к выходу контактора КМ1.

К выходным контактам реле **2/T1, 4/T2, 6/T3** подключен трехфазный асинхронный электродвигатель **М**.

При включении автомата **QF1** фазы А, В и С поступают на входные силовые контакты **1/L1, 3L/2, 5/L3** контактора КМ1 и там остаются «дежурить». Фаза **А** через кнопку «СТОП» приходит на контакт **№3** кнопки «ПУСК» и зажим **13НО** вспомогательного контакта КМ1,1 и также остается «дежурить» на этих контактах. Схема готова к работе.

При нажатии на кнопку «ПУСК» **фаза А** попадает на **катушку** контактора КМ1, контактор срабатывает, и его контакты **замыкаются**. Напряжение через выходные силовые контакты теплового реле **2/T1, 4/T2, 6/T3** поступает на электродвигатель, и он начинает вращаться.

При возникновении перегрузки электродвигателя срабатывает тепловое реле и своим нормально-замкнутым контактом **95-96** разрывает цепь питания катушки контактора **КМ1**. Контактор обесточивается, и двигатель останавливается.

На **рис. 55.13** показана монтажная схема подключения магнитного пускателя с реальными элементами. С кнопки «ПУСК» фаза подается на зажим **95** контакта реле КК1, а затем с зажима контакта **96** фаза попадает на вывод **А1** катушки контактора КМ1.

На **рис. 55.14** представлен вид сверху на монтажную схему подключения нереверсивного контактора и реле РТИ с реальными элементами.

Однако наибольшее распространение получила схема, в которой **контакт теплового реле разрывает ноль** (**рис. 55.15**). Это связано с удобством и экономичностью монтажа, так как **ноль** сразу заводят на

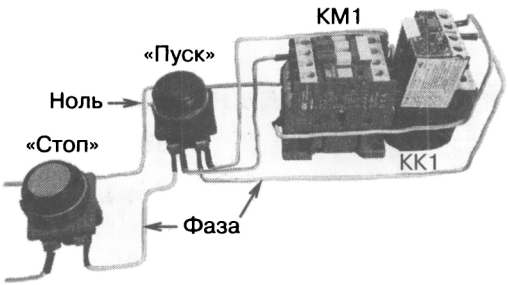


Рис. 55.13. *Монтажная схема подключения нереверсивного контактора и реле РТИ*

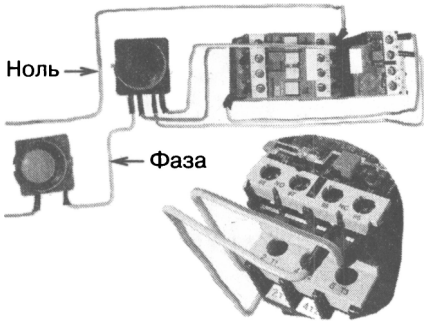


Рис. 55.14. *Вид сверху на монтажную схему подключения нереверсивного контактора и реле РТИ*

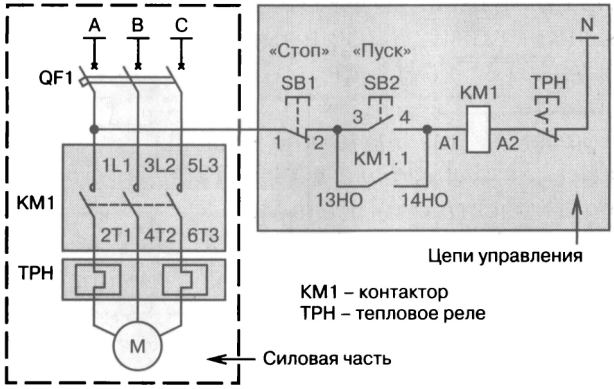


Рис. 55.15. *Схема подключения нереверсивного пускателя с разрывным нулем*

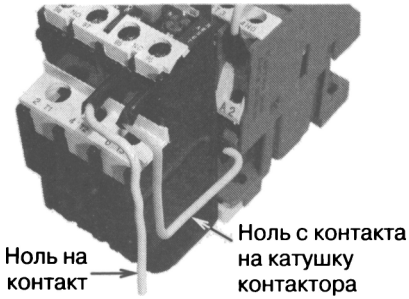


Рис. 55.16. *Вид на монтаж со стороны подключения нулевого провода*

вход контакта теплового реле, а с выхода контакта реле бросают перемычку на катушку контактора (**рис. 55.16**). При таком включении экономится одна жила кабеля.

Схема подключения реверсивного пускателя с электротепловым реле

На **рис. 55.17** приведена схема включения **реверсивного пускателя с электротепловым реле** типа РТИ.

От типовой схемы включения реверсивного контактора она отличается лишь наличием нормально-замкнутого контакта реле **KK1.1** в цепи управления катушкой, а также тремя биметаллическими элементами **KK1**, через которые проходит напряжение питания на обмотки электродвигателя.

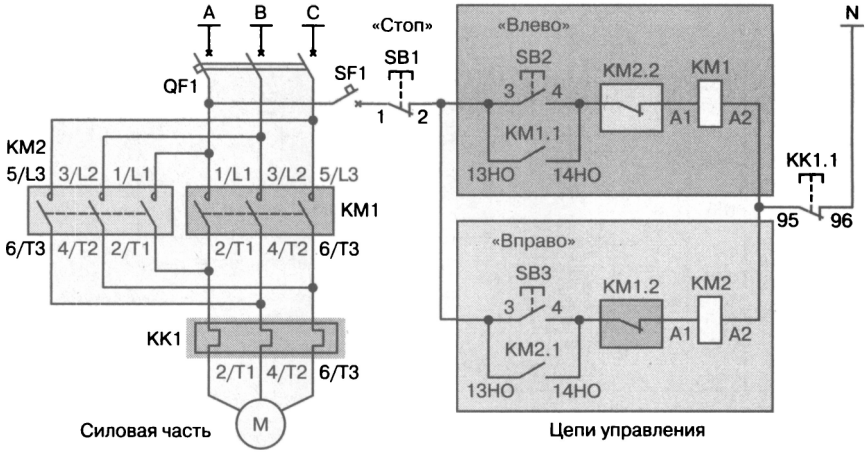


Рис. 55.17. *Электрическая схема подключения пускателя с тепловым реле*

При срабатывания теплового реле **KK1** от тока перегрузки электродвигателя контакт реле **KK1.1** разрывает цепь питания катушки. Работающий в данный момент контактор обесточивается, и двигатель останавливается.

Выбор теплового реле

Как известно, к тепловому реле пускателя предъявляется требование обеспечения защиты электродвигателя от опасных перегрузок. В то же время, по возможности, реле не должно отключать электродвигатель при перегрузках, носящих кратковременный характер и не вызывающих нагрева электродвигателя, опасного для его обмоток.

В первую очередь, перегрев обмоток сказывается на сроке службы изоляции проводов. Изоляция становится хрупкой, а ее электрическая прочность резко снижается. При этом на поверхности изоляции возникают микротрещины, в которые проникает пыль и влага, из-за которых может произойти пробой и выгорание части обмоток. См. **табл. 55.1**.

Сроки службы витковой изоляции статорных обмоток *Таблица 55.1*

Марка провода	Тип пропиточного лака	Средний срок службы часов при температуре, °С				
		125	150	170	190	210
ПЭВ-2	МЛ-92	3724	1526	892	–	–
ПЭМ-2	МЛ-92	2800	1529	891	–	–
ПЭТВ	МГМ-8	–	–	6852	2060	1535
ПСД	МГМ-8	–	–	19824	12586	4064

ВНИМАНИЕ

Экспериментально установлено, что увеличение температуры на каждые 8–10° приводит к снижению срока службы изоляции проводов в 2 раза, а в случае очень высокой температуры изоляция вообще может загореться.

Допустимая температура, при которой изоляция обмоток двигателя может длительно эксплуатироваться, зависит от класса изоляции и исполнения электродвигателя. См. **табл. 55.2**.

Значения допустимой температуры классов изоляции *Таблица 55.2*

Класс изоляции обмоток	Допустимая температура, °С
A	105
B	120
E	130
F	155
H	180

Тепловое реле и **номинальный ток биметаллического элемента** выбирают, исходя из **пяти основных критериев**.

КРИТЕРИЙ №1 — номинальный ток нагревательного элемента должен быть не меньше номинального тока защищаемого электродвигателя.

КРИТЕРИЙ №2 — для оптимального использования перегрузочной способности электродвигателя ток срабатывания реле выбирают на 15...20% выше номинального тока двигателя.

Когда номинальный ток двигателя $I_{ном}$ и ток, соответствующий границе срабатывания реле, одинаковы (**рис. 55.18**), появляется значительная **зона перегрузок** (**Б**), где двигатель сильно **перезащищен**: реле срабатывает раньше, чем температура двигателя достигнет предельно допустимого значения.

В то же время при больших перегрузках, соответствующих режиму заторможенного электродвигателя, реле не обеспечивает своевременного его отключения, образуя зону **недозащищенности** (**А**).

СОВЕТ

Ток уставки тепловых реле следует устанавливать выше номинального тока электродвигателя на 15...20% с целью лучшего согласования защитных характеристик реле и электродвигателя.

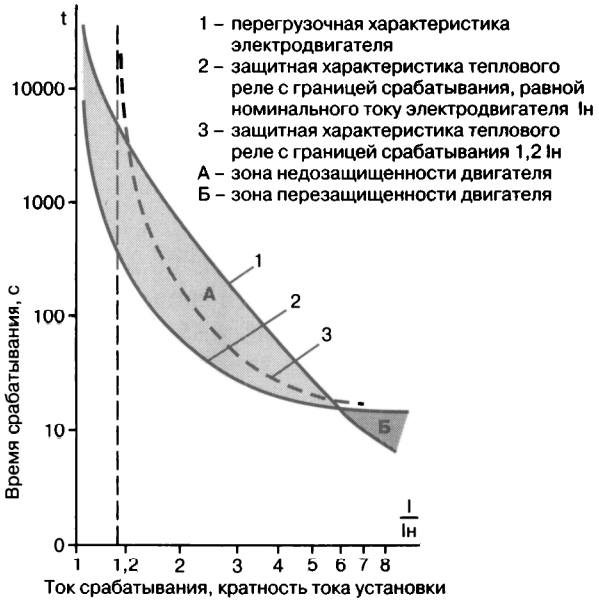


Рис. 55.18. *Графики перегрузочных и защитных характеристик двигателя и реле*

В этом случае защитная характеристика реле будет соответствовать кривой (3), и наряду с уменьшением зоны перезащищенности возникнут две зоны недозащищенности:

- одна, как и раньше, — в области больших перегрузок;
- другая — в области малых длительных перегрузок.

Появление **зоны недозащищенности** при малых длительных перегрузках не представляет большой опасности для двигателя, так как двигатель сам обладает некоторым запасом нагревостойкости, и превышение тока на несколько процентов выше номинального для него не опасно.

СОВЕТ

Но если такие перегрузки будут часто повторяться, то правильным будет считать, что двигатель с данным режимом работы не справляется и должен быть заменен более мощным, потому как надежность его работы будет обеспечиваться лишь за счет теплового запаса.

Недозащищенность в области больших перегрузок может быть скомпенсирована работой автоматического выключателя, в котором совмещены: выключатель; защита от перегрузок и коротких замыканий.

ПРИМЕЧАНИЕ

Защита от перегрузок осуществляется тепловым расцепителем, который при коротком замыкании отключает двигатель без выдержки времени.

КРИТЕРИЙ №3. По защитной характеристике реле следует убедиться: что при заданной кратности пускового тока электродвигателя время срабатывания реле:

- не меньше, чем это необходимо для пуска электродвигателя;
- не превышает времени допустимой работы двигателя с пусковым током.

Здесь же следует учитывать, что при разгоне двигателя пусковой ток уменьшается.

КРИТЕРИЙ №4. Запас по регулировке тока (как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения) должен быть, по возможности, бóльшим. Для этого на шкале уставки следует оставлять одно-два свободных деления по обе стороны от положения регулятора, соответствующего выбранному току уставки.

Для реле серий ТРН, РТИ, РТЛ, РТТ влияние температуры окружающего воздуха не учитывается, так как в них присутствует температурная компенсация. Для реле серий ТРП учитывают температуру окружающего воздуха из-за отсутствия в них температурной компенсации. Здесь же следует брать в расчет, что дополнительный нагрев реле внутри оболочки пускателя защищенного или пылевлагозащищенного исполнения также влияет на ток уставки.

КРИТЕРИЙ №5. При пусковых токах электродвигателя допускается превышение температуры нагрева обмоток вдвое больше, чем при номинальном режиме.

ПРИМЕР

Нагрев обмоток электродвигателя в номинальном режиме работы составляет 60° С, а температура окружающего воздуха 40° С. Тогда допустимая температура нагрева обмоток в номинальном режиме будет равна 40 + 60 = 100° С, а при пуске составит 40 + (2 × 60) = 160° С.

Однако тепловые реле не только защищают двигатель от коротких замыканий, но и сами нуждаются в такой защите! Ведь при коротких замыканиях в электрической цепи нагревательные элементы реле могут сгореть раньше, чем отключится магнитный пускатель.

Это объясняется тем, что для нагрева биметаллической пластины реле требуется определенное время, поэтому тепловые реле срабатывают с запозданием при токах в несколько раз превышающих номинальное значение тока уставки.

Можно сделать такие **выводы**:

- если для защиты электродвигателя используется тепловое реле, то в схеме питания двигателя должен быть предусмотрен автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем, который при коротком замыкании отключит двигатель без выдержки времени;
- если же установка автоматического выключателя не предусмотрена, то нужно использовать предохранители с плавкими вставками, превышающими номинальный ток теплового элемента в 4-5 раз.

ONLINE ВИДЕО

Тепловая защита электродвигателя. Электротепловое реле	*Тепловое реле. Конструкция теплового реле*	*Как подключить тепловое реле к магнитному пускателю, контактору?*
Тепловое реле для двигателя: выбор, проверка, типы и виды, настройка	*Почему сгорает электродвигатель и что с этим делать? Тест теплового реле*	*Реверсивная схема пуска электродвигателя через магнитный пускатель с тепловым реле*
Тепловые защитные реле	*Реле электротепловое типа РТИ, РТЭ*	*Кривое тепловое реле РТИ*

ГЛАВА 56

УСТРОЙСТВА ПЛАВНОГО ПУСКА И ТОРМОЖЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

Назначение устройства плавного пуска двигателя

Среднее по функциональности УПП позволяет решать следующие задачи:

- ограничить пусковой ток (в большинстве случаев на уровне 3—4 номинальных токов) и просадки сетевого напряжения питания в зависимости от мощности силового трансформатора и характеристик подводящих шин питания;
- оптимизировать пусковой и тормозной моменты для безударных разгонов и остановок приводимых механизмов, продлить срок использования подшипников, зубьев колес редукторов, ремней и других деталей машин;
- аварийно защитить питающую сеть от токовых перегрузок, заклинивания вала.

Функции, **не свойственные устройству плавного пуска двигателя**:

- регулировать частоту вращения двигателя в установившемся режиме;
- реверсировать направление вращения;
- увеличивать пусковой момент относительно номинального;
- снижать пусковой ток до значений меньших, чем требуется для вращения ротора в момент старта.

Составные части устройства плавного пуска

Силовая часть. Сердцем силовой части УПП является классический **симистор** (два встречно-параллельно включенных тиристора с управляющим входом), включаемый последовательно между питающим проводником и обмоткой двигателя.

Тиристор отпирается при условии приложения прямого напряжения анод-катод и одновременной подачи отпирающего потенциала или его импульса на управляющий электрод.

Запирается тиристор только снижением тока в цепи «анод-катод-нагрузка» до значения, близкого к нулевому.

В составе УПП тиристор исполняет роль быстродействующего полупроводникового контактора, включаемого напряжением, а выключаемого током.

ПРИМЕЧАНИЕ

Момент запирания при переходе через ноль тока тиристора, через который питается обмотка разгоняемого двигателя, всегда запаздывает относительно момента перехода синусоиды фазного напряжения через ноль из-за индуктивной составляющей.

Готовые УПП содержат симисторы, включаемые в одну, две или все три фазы, причем, при соединении обмоток треугольником, возможно включение симисторов не в фазу питания, а в разрыв обмотки. В этом случае ток через симистор снижается в 1,73 раза и позволяет выбрать менее мощное и более дешевое УПП, но удваивает число необходимых кабелей (с допустимым током в те же 1,73 раза ниже).

На **рис. 56.1** показано включение симисторов в одной, двух и трех фазах.

Сравнительные технические характеристики одно-, двух- и трехфазного регулирования приведены в **табл. 56.1**.

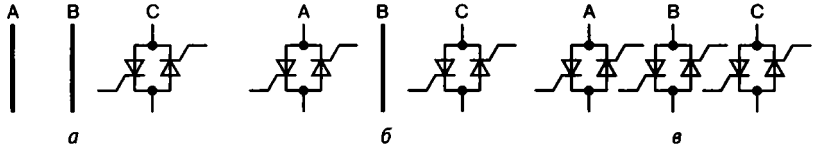


Рис. 56.1. *Включение симисторов:*
а – в одной фазе; б – в двух фазах; в – в трех фазах

Характеристики одно-, двух- и трехфазного регулирования *Таблица 56.1*

Число регулируемых фаз	Перекос I и U по фазам	Реализация плавного торможения	Ограничение пускового тока	Включение в разрыв обмоток в «треугольник»	Динамическое торможение	Обязательность входного контактора
1	да	нет	слабо	нет	нет	да
2	да	да	средне	нет	нет	нет
3	нет	да	Только по характеру нагрузки на валу при пуске и торможении	да	возможно	нет

Однофазное регулирование

Через нерегулируемые фазы при разгоне двигателя протекает ток, соответствующий скольжению и моменту в конкретный момент времени. Поскольку время разгона больше вследствие плавности характера процесса пуска, тепловой режим нерегулируемой обмотки может оказаться даже хуже, чем при прямом пуске.

ПРИМЕЧАНИЕ

Само по себе однофазное УПП не может аварийно остановить трехфазный двигатель, максимум, что он может — выдать аварийный сигнал.

Таким образом, схема применяется только там, где требуется смягчить пусковые удары в механической нагрузке в диапазоне мощностей до 11 кВт, а плавное торможение, длительный пуск и ограничение пускового тока не требуются. В связи с удешевлением тиристоров однофазные УПП снимают с производства, заменяя двухфазными.

Двухфазное регулирование

Есть ограничение пускового тока. Но несимметричность его ограничения в момент запуска и торможения также присутствует. Ведь управление отпиранием тиристора только в двух фазах не позволяет питать все три фазы абсолютно одинаково.

Двухфазные УПП выпускаются для двигателей мощностью до 250 кВт и более. Они применяются в случаях, когда узким местом при

запуске является не ограничение тока до гарантированной величины, а, как и для однофазных УПП, смягчение механических ударов.

Многие модели снабжены внутренними байпасными контакторами, что удешевляет стоимость решения по запуску одного двигателя или нескольких параллельно подключенных. О роли байпасного контактора речь пойдет ниже.

Трехфазное регулирование

Это самое технически совершенное решение. Оно позволяет получить симметричное по фазам ограничение тока и силы магнитного поля. Поэтому, в сравнении с двухфазным, при том же крутящем моменте силы в момент разгона двигателя, токовый режим максимально благоприятен и для двигателя, и для сети.

Технически область применения универсальна. Есть возможность применить динамическое торможение и подхват обратного хода мотора. Но эта функция реализована не во всех моделях УПП.

ПРИМЕЧАНИЕ

Мощность и напряжение питания двигателя ограничены только тепловой и электрической прочностью самих тиристоров.

Система управления и выставляемые параметры

Генерация управляющего сигнала для отпирания симисторов происходит в системе управления, которая в законченном виде (аппаратная + программная части) представляют собой ноу-хау производителя.

На **рис. 56.2** схематически показано изменение напряжения в обмотке двигателя при изменении временного промежутка (фазового сдвига между прохождением синусоиды входного напряжения через ноль и моментом подачи управляющего сигнала в процессе пуска двигателя).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

*Величина а **называется углом отпирания тиристора** и изменяется от значения менее 180 градусов или 10 мс при частоте 50 Гц в начале до нуля в момент выхода на номинальные обороты.*

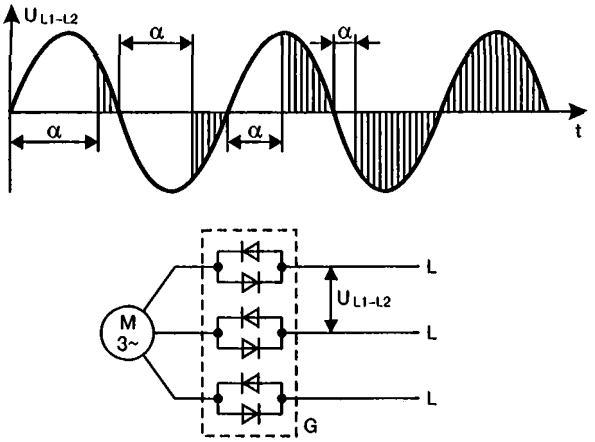


Рис. 56.2. Изменение фазового сдвига входного напряжения

При плавном торможении угол отпирания изменяется в обратном порядке.

Время процесса включения — это время, за которое система плавного пуска увеличит напряжение на выходе от начального значения до полного.

Время выключения — это время, за которое напряжение на выходе системы снизится от полного до напряжения остановки (начального напряжения).

ПРИМЕЧАНИЕ

Если время остановки равно нулю, это будет эквивалентно прямой остановке.

Используется, когда необходима плавная остановка мотора, например, при работе с насосами или ленточными конвейерами.

Начальное напряжение. Иногда оно называется **напряжением** или **крутящим моментом подставки**. Это точка, в которой система мягкого пуска начинает или завершает процесс включения или выключения.

Применяется для гарантированного трогания вала с места. При начальном напряжении 50 % от номинального а = 90 градусов. Это напряжение показано на **рис. 56.3**.

Ограничение тока может использоваться в таких случаях:

- когда требуется ограничение пускового тока;
- при пуске под большой нагрузкой, когда трудно обеспечить хороший старт заданием только начального напряжения и времени включения.

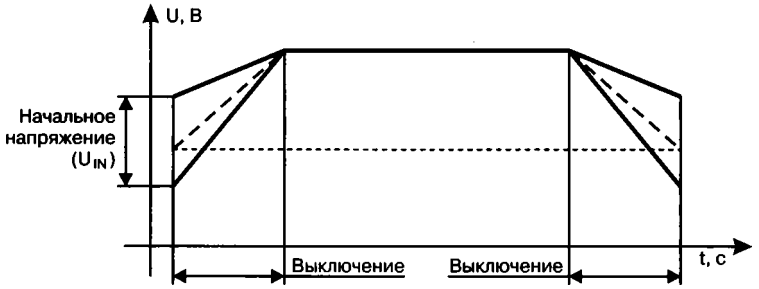


Рис. 56.3. Полный рабочий цикл двигателя, управляемого УПП

При достижении предела ограничения тока система плавного пуска временно прекратит увеличение напряжения, пока ток не снизится ниже заданного предела. После этого процесс увеличения напряжения возобновится до достижения полного напряжения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Эта функция имеется не во всех УПП.

Функция BOOST поддержки напряжения позволяет получить пусковой момент для преодоления механического трения. Применяется, когда крутящий момент при пониженном стартовом напряжении недостаточен для трогания вала с места, но основной разгон уже стартовавшего двигателя можно выполнить и от пониженного напряжения. Кривая изменения напряжения на старте показана на **рис. 56.4**.

Возможные **сферы применения функции BOOST**:

- дробилки;
- тестомесы;
- мясорубки.

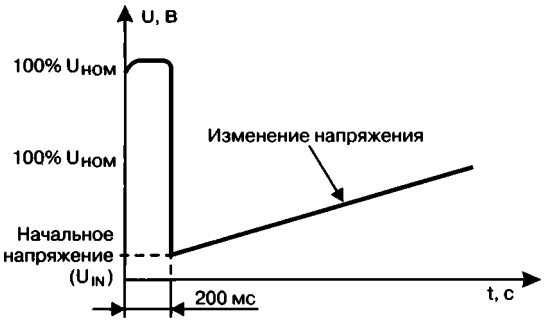


Рис. 56.4. Приложение начального напряжения BOOST, равного 100 % номинального напряжения двигателя

Первые 0,2 с (10 полных периодов) тиристоры полностью открыты, и двигатель ведет себя, как и при прямом пуске, и нагружает сеть соответствующим образом. Такая короткая по времени просадка в сети обычно не вызывает аварийных остановок других механизмов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Эта функция имеется не во всех УПП.

Простейшие двухфазные УПП с плавным торможением на токи до 32 А собираются в пластиковом корпусе с креплением на 35-миллимитровую DIN-рейку. На передней панели находятся регулировки времени пуска, времени торможения и начального напряжения, винты клемм питания, выхода на двигатель, логических входов для подключения кнопок «Пуск» и «Стоп» и, при наличии BOOST, и выходы сигналов ошибки и завершения процесса разгона.

Более функционально продвинутые УПП позволяют устанавливать настройки и управлять процессом с интерактивной передней панели или по сетевому протоколу, реализуя, например, смену режимов пуска или последовательный запуск двигателей разной мощности.

Электромагнитная совместимость

Процесс отпирания тиристора происходит лавинообразно. Но индуктивная составляющая сопротивления обмотки ограничивает скорость нарастания тока при включении, а выключение происходит в момент снижения тока до нуля.

Специальные дроссели и фильтры ЭМС на практике не применяются. Уровень помех во всем спектре частот на порядки ниже, чем у частотного преобразователя той же мощности без дросселей и фильтров ЭМС.

Типовые проблемы эксплуатации УПП и способы их решения

Наиболее дорогие в плане восстановления устройства, потенциально подверженные поломкам вследствие ошибок:

- силовой трансформатор питания сети с УПП;
- собственно УПП;
- двигатели;
- механические части нагрузки (редукторы и исполнительные органы).

ONLINE ВИДЕО

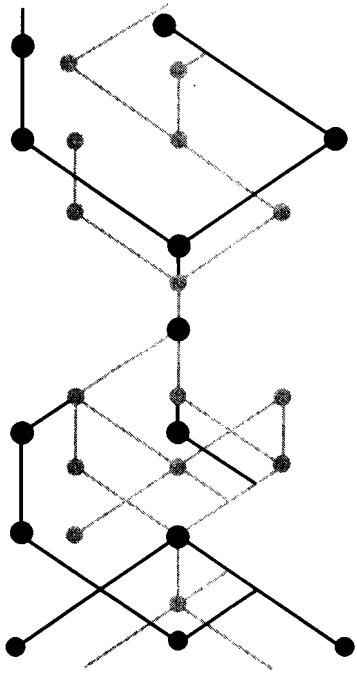
Плавный пуск электроинструмента. Схема устройства	*Устройства плавного пуска асинхронных электродвигателей*	*Принцип работы плавного пуска электродвигателей*
Настройка и подключения устройства плавного пуска ABB PSR	*Устройства плавного пуска серии SFB*	*Устройства плавного пуска PSR, PSE*

ЧАСТЬ

7

РЕМОНТ АВТОНОМНЫХ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ

- *Выбор автономной электростанции*
- *Ремонт бензиновых и дизельных электрогенераторов*
- *Ремонт газовых электрогенераторов*
- *Ремонт ветрогенераторов*



ГЛАВА 57

ВЫБОР АВТОНОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Выбор мощности электростанции

Определение необходимой мощности потребителей электроэнергии позволит не только определиться с мощностью генератора, но и предварительно определить тип необходимой электростанции:

- бензогенераторы наиболее выгодно использовать при необходимой мощности до 10 кВт;
- дизельгенераторы наиболее выгодно использовать при необходимой мощности до 20 кВт;
- стационарные дизельные электростанции наиболее выгодно использовать при необходимой мощности более 20 кВт.

Для начала необходимо определить мощность потребителей электроэнергии, которые предполагается одновременно питать от электростанции. Для этого необходимо сложить их мощности в вольт-амперах.

Ниже приводится **табл. 57.1**, в которой представлена приблизительная мощность популярных бытовых приборов.

ВНИМАНИЕ

Особое внимание нужно уделять значению пусковой мощности приборов с электродвигателями. Мощность, необходимая для запуска электродвигателя, может быть во много раз больше номинальной. Часто используется коэффициент 3,5–4.

ВНИМАНИЕ

*Реальная мощность электроприборов может сильно отличаться от данных в **табл. 57.1**.*

Приблизительная мощность бытовых приборов *Таблица 57.1*

Электроприбор	Номинальная мощность, Вт	Мощность при пуске, Вт	Коэффициент запаса
Циркулярная пила	1400	2000	1,43
Дрель электрическая	500	650	1,30
Шлифовальная машинка	2200	2800	1,27
Перфоратор	1300	1600	1,23
Ленточношлифовальная машина	1000	1200	1,20
Рубанок электрический	800	1000	1,25
Пылесос	1400	1700	1,21
Подвальный вакуумный насос	800	1000	1,25
Бетономешалка	1000	3500	3,50
Инвертор	500	1500	3,00
Шпалерные ножницы	600	720	1,20
Кромкообрезной станок	500	600	1,20
Холодильник	300	1200	4,00
Фризер	1000	3500	3,50
Кондиционер	1000	3500	3,50
Стиральная машина	1000	3500	3,50
Обогреватель радиаторного типа	1000	1200	1,20
Лампа накаливания для освещения	100	100	1,00
Электроплита	6000	6000	1,00
Электропечь	1500	1500	1,00
Микроволновая печь	800	1600	2,00
Аудио-, видеотехника	500	500	1,00
Электромясорубка	1000	7000	7,00
Погружной водяной насос	1000	3500	3,50

После определения суммарной мощности, нужно позаботиться о резервной мощности.

ПРИМЕЧАНИЕ

Оптимальный режим работы электростанции – работа на 80 % нагрузки.

Поэтому для длительной работы генератора следует учесть запас мощности в 10—20 %.

Например, у вас в доме есть холодильник, телевизор и 3 лампы накаливания. Значит, требуемая мощность составляет, Вт:

$$1{,}2+500+3\times100 = 801{,}2.$$

С учетом запаса мощности необходим генератор мощностью 1000 Вт.

Выбор типа питания электростанции

Портативные электростанции (генераторы) с воздушным охлаждением. Имеют частоту вращения коленвала двигателя 3000 оборотов в минуту. Моторесурс порядка 5000—6000 моточасов. Мощность обычно до 10—15 кВт. Качество электричества, подавемого портативными генераторами, не очень велико (особенно у дешевых моделей) — стабильность напряжения ± 10 %, стабильность частоты ± 4 %. Поэтому качества этих электростанций порой не хватает для потребителей, требовательных к качеству тока, например, к источникам бесперебойного питания.

Портативные электростанции бывают:

- с бензиновыми двигателями;
- с дизельными двигателями.

Портативные электростанции с бензиновыми двигателями подходят для относительно редкого применения и частых переездов с места на место.

ПРИМЕЧАНИЕ

Рекомендуются к использованию в качестве резервного источника питания, если перебои в сети происходят довольно редко.

От дизельных моделей отличаются меньшими размерами, весом и ценой, также имеют более легкий ручной старт.

Портативные электростанции с дизельными двигателями более выносливые, по сравнению с бензогенераторами.

ПРИМЕЧАНИЕ

Рекомендуются для использования при частых отключениях электричества, применения на строительных площадках для питания электроинструмента.

Имеют более тяжелый ручной старт, поэтому часто комплектуются электростартером.

Стационарные электростанции с жидкостным охлаждением имеют систему жидкостного охлаждения и большой ресурс работы, порядка 40000 моточасов.

Частота вращения вала двигателя 1500 оборотов в минуту, поэтому такие станции часто называют низкооборотистыми.

ПРИМЕЧАНИЕ

Качество электричества, которое производит стационарный генератор, гораздо выше, чем у портативных:
- *стабильность напряжения в десять раз лучше, ± 1 %;*
- *стабильность частоты ± 2,5 %.*

По сравнению с портативными — они дороже, но и значительно надежнее, долговечнее и экономнее. Эти электростанции довольно тяжелые и имеют ряд требований к помещению, где будут установлены.

Выбор количества фаз электростанции

Трехфазная электростанция предназначена для питания трехфазных потребителей, а не однофазных. Перекос между фазами должен быть не более 25 %. Если перекос больше, то автоматика станции автоматически ее отключает. Мощность трехфазного генератора равномерно распределена между фазами.

ПРИМЕР

Если мощность генератора 30 кВт, то на каждой фазе будет по 10 кВт.

ВНИМАНИЕ

Замыкание двух или более фаз приводит или к отключению, или к выходу из строя станции, поэтому этого нельзя допускать ни в коем случае.

Рассмотрим варианты подключения.

Вариант №1. В доме отсутствуют трехфазные потребители, и схема питания реализована по одной линии. Самая простая схема — **используется однофазный генератор и однофазный автомат ввода резерва (АВР)**. Линии от электростанции и от сети подходят в АВР и от АВР идут к потребителям. Эта схема применяется также и в случае питания дома по трем линиям — резервируется одна линия из трех, к которой подключены самые важные потребители (отопление, насосы).

Вариант №2. К дому подходит **трехфазная линия**, все **потребители однофазные**. Допустим, что необходимо зарезервировать все линии. Для этой схемы есть несколько вариантов подключения.

Вариант №2, а. Неправильный и более сложный вариант с использованием трехфазного генератора. **Устанавливается трехфазная электростанция и трехфазный АВР**. Каждая отдельная линия рассчитывается и прокладывается заново так, чтобы нагрузка на каждой фазе была одинакова и не превышала трети мощности электростанции.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если эти условия не выполняются, будут постоянные проблемы с отключениями станции и сильным уменьшением ее моторесурса.

Вариант 2, б. Правильный и более простой вариант с использованием однофазной электростанции и трехфазного АВР. Устанавливается **однофазная электростанция и трехфазный АВР**. Все три входа АВР подключены к одной фазе генератора. АВР постоянно следит за тремя фазами входящей сети и в случае пропадания хотя бы одной переводит питание на генератор.

ПРИМЕЧАНИЕ

Эта схема осуществима только при отсутствии трехфазных потребителей, позволяет не перекладывать заново всю проводку, не надо заботиться о равномерности нагрузки.

Вариант 3. Есть однофазные и трехфазные потребители. В этом случае есть два варианта:

- приобрести две электростанции: однофазную и трехфазную и два АВР, подключить к каждой станции соответствующих потребителей;
- использовать одну трехфазную электростанцию, но разделить однофазных потребителей на три группы и внимательно следить за равномерностью нагрузки.

Варианты запуска электростанции

Ручной запуск — нужно сильно дернуть за шнур, который раскручивает вал двигателя. Этот вид запуска применяется, в основном, на маломощных моделях электростанций. Данный вид запуска требует достаточно сильного человека. Обычно этот вид запуска применяется для редкого использования.

Электростартер — запуск производится поворотом ключа зажигания (на панели управления). Обычно этот вид запуска применяется для частого использования.

Автостарт — применяется при использовании электростанции как полностью автоматического резервного источника питания. Автоматический запуск запускает электростанцию при пропадании напряжения в сети, и останавливает ее при появлении напряжения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Станции с автоматическим запуском имеют ограничение: для корректной работы они должны устанавливаться в отапливаемых помещениях, с температурой не ниже +5 °С.

Сравнение параметров бензиновых и дизельных генераторов

Параметр 1. Режим работы: если аварийный режим — бензиновый, если продолжительная работа — дизельный.

Параметр 2. Стоимость: бензиновый — дешевле, дизельный — дороже.

Параметр 3. Экономичность: дизель экономичнее бензинового мотора, за счет этого окупает разницу в цене (при продолжительной работе).

Параметр 4. Ресурс: дизельный 1500 об/мин (жидкостное охлаждение) превосходит бензиновый мотор по ресурсу примерно в 5—6 раз, дизельный 3000 об/мин (воздушное охлаждение) по ресурсу превосходит примерно в 3—4 раза.

Параметр 5. Температура гарантированного запуска: бензиновый –20 °С, дизельный –5 °С

Параметр 6. Уровень шума: бензиновый 55—72 дБ, дизельный 80—110 дБ.

Параметр 7. Допустимая минимальная нагрузка, кВт: при постоянной работе — бензиновый — любая, дизельный — 40 %.

ONLINE ВИДЕО

Как выбрать резервный генератор для дома? Мой бензиновый генератор	*Как подключить бензиновый генератор к дому и не спалить его? 100% схема подключения*	*Генератор для дома. Какой генератор выбрать?!*
Как правильно выбрать мощность генератора?	*Генератор для дома. Каким он должен быть?*	*Генератор для дома и дачи с автозапуском*
Какой генератор выбрать: 5 советов	*Выбираем генератор — разные виды*	*Как выбрать бензиновый генератор для дома*

ГЛАВА 58

РЕМОНТ БЕНЗИНОВЫХ И ДИЗЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ

Шаги перед началом эксплуатации

Перед началом эксплуатации бензиновой генераторной установки необходимо пройти четыре шага.

Шаг 1. Проверить уровень масла и в случае недостатка — долить. Для бензогенераторов нужно использовать высококачественные масла для 4-тактных двигателей, отвечающие требованиям автопроизводителей для обслуживания не ниже класса SG (по API). Очень желательно использовать моторные масла, соответствующие классу SL по API. Моторное масло SAE 10W-30 рекомендуется как универсальное.

Шаг 2. Проверить уровень топлива в бензогенераторе. Бензогенераторы ELITECH поставляются без топлива в баке и масла в картере двигателя. Поэтому перед пуском необходимо залить масло в картер двигателя и заправить электростанцию топливом. В качестве топлива для бензогенераторов рекомендуется использовать автомобильный бензин с октановым числом не ниже 92.

Шаг 3. Проверить заземление бензогенератора. Если генератор не заземлен — ЗАЗЕМЛИТЬ. Медный провод сечением 10 мм^2 с одной стороны закрепить гайкой к болту для заземления на раме ГУ, с другой — к забитому в землю на 1 м стержню из оцинкованной стали, меди или латуни.

Шаг 4. Отсоединить все электрические потребители от бензогенераторной установки.

На **рис. 58.1** показано устройство бензинового генератора.

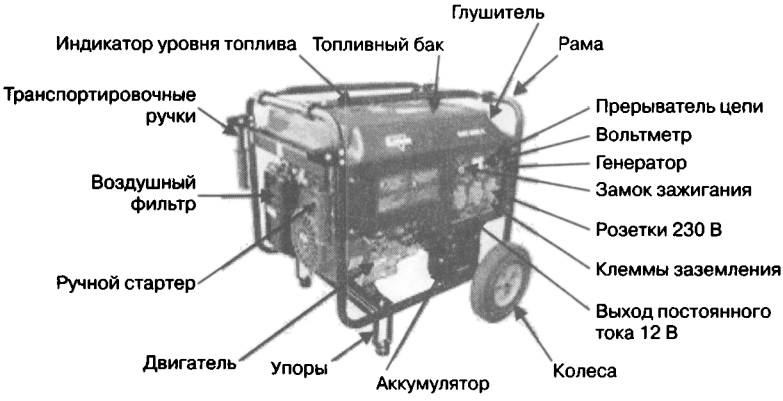


Рис. 58.1. *Устройство бензинового генератора*

Запуск и использование

Шаг 1. Перед запуском:

- перед запуском двигателя бензогенератора необходимо повернуть топливный кран в положение «Открыто», чтобы топливо начало поступать в карбюратор;
- при пуске холодного двигателя или при низкой температуре воздуха рычаг привода воздушной заслонки генератора поставить в положение «Закрыто».

ВНИМАНИЕ

При пуске прогретого двигателя или при достаточно высокой температуре воздуха откройте воздушную заслонку наполовину или оставьте в положении «Открыто».

Шаг 2. Запуск.

На бензогенераторах с ручным пуском:

- переключатель «Выключатель двигателя» поставить в положение «Вкл.» (Включено);
- вытягивать пусковой шнур бензогенератора за ручку до момента появления легкого сопротивления, после чего быстро вытянуть ручку на полный взмах руки;
- медленно вернуть ручку в начальное положение.

ВНИМАНИЕ

Во избежание повреждения стартера его шнур следует отпускать плавно. Если двигатель не запустился, повторяйте процедуру запуска, постепенно открывая воздушную заслонку. При повторном запуске не используйте воздушную заслонку.

На бензогенераторах с электростартером: повернуть ключ зажигания.

На бензогенераторах с пультом дистанционного управления и электростартером: нажать на пульте кнопку ON (Включено).

Шаг 3. Управление бензиновым генератором:

- по мере прогрева двигателя постепенно передвинуть рычаг воздушной заслонки в положение «Открыто»;
- дать двигателю стабилизироваться и прогреться в течение нескольких минут;
- подсоединить и включить потребителей одного за другим, начиная с устройства большей мощности.

ВНИМАНИЕ

Если двигатель остановился и повторно не запускается, то перед поиском неисправности необходимо, прежде всего, проверить уровень масла в картере. Аварийная масляная система постоянно контролирует уровень масла в картере двигателя и автоматически остановит двигатель при недопустимо низком уровне.

Шаг 4. Остановка двигателя генераторной установки:

- отключить от генератора все подключенные устройства одно за другим;
- повернуть топливный кран в положение «OFF» (Закрыт) и дать генератору выработать топливо из карбюратора;
- установить «Выключатель двигателя» в положение «Выкл.» (Выключено).

ВНИМАНИЕ

В аварийной ситуации для остановки двигателя бензогенератора переключите «Выключатель двигателя» в положение «Выкл.» (Выключено).

Неисправности дизельных электрогенераторов

Неисправность	Причина
Двигатель дизельной электростанции не заводится в холодную погоду.	• Неправильно используется система предварительного подогрева. • Неисправность системы предварительного подогрева. • Парафинизация топлива (очень холодно). • Неисправность механизма холодного пуска.
Двигатель не заводится в теплую и холодную погоду.	• Недостаточная частота вращения стартера. • Недостаточная компрессия. • Отсутствие топлива в баке. • Воздух в топливе. • Дополнительное сопротивление в системе подачи топлива. • Загрязнение топлива. • Неисправность электромагнитного клапана. • Внутренняя поломка ТНВД.
Недостаточная частота вращения стартера.	• Аккумуляторная батарея недостаточной емкости. • Масло не соответствует требованиям производителя двигателя. • Высокое сопротивление в электрической цепи стартера. • Неисправность стартера.
Двигатель трудно заводится.	• Неправильная процедура пуска двигателя. • Неисправность стартера или аккумуляторной батареи. • Неисправность системы предпускового подогрева. • Воздух в топливе. • Дополнительное сопротивление в системе подачи топлива. • Недостаточная компрессия. • Неправильно отрегулирован зазор клапанов. • Дополнительное сопротивление в выпускной системе. • Неправильно отрегулирован механизм газораспределения. • Неисправность форсунки/форсунок. • Неправильно выставлен момент впрыска. • Внутренняя поломка ТНВД.
Двигатель заводится, но сразу глохнет	• Мало топлива в баке. • Воздух в топливе. • Неправильно установлены обороты холостого хода. • Дополнительное сопротивление в системе подачи топлива или системе слива лишнего топлива в бак. • Воздушный фильтр загрязнен. • Дополнительное сопротивление во впускной или выпускной системах. • Неисправность форсунок.
Двигатель не останавливается после выключения подачи топлива.	• Неисправность электромагнитного клапана.
Нестабильная работа на холостых оборотах.	• Воздушный фильтр загрязнен. • Дополнительное сопротивление во впускной системе. • Воздух в топливе. • Дополнительное сопротивление в системе подачи топлива. • Неправильно отрегулирован зазор клапанов. • пружины клапанов ослабли или сломались. • Недостаточная компрессия. • перегрев. • Неправильно подсоединены трубки к форсункам или трубки не соответствуют требованиям производителя мотора. • Неправильно отрегулирован механизм газораспределения. • Неисправность форсунок. • Неисправность ТНВД.

Неисправность	Причина
Недостаток мощности.	• Необходимо проверить тягу ТНВД. • Воздушный фильтр загрязнен. • Дополнительное сопротивление во впускной системе. • Воздух в топливе. • Дополнительное сопротивление в системе подачи топлива. • Неправильно отрегулирован механизм газораспределения. • Неправильно установлен момент впрыска. • Дополнительное сопротивление в выпускной системе. • Недостаточное давление турбонаддува. • Неправильно отрегулирован зазор клапанов. • Недостаточная компрессия. • Неисправность форсунок. • Неисправность ТНВД.
Чрезмерный расход топлива.	• Внешняя утечка. • Топливо протекает в поддон двигателя. • Воздушный фильтр загрязнен. • Дополнительное сопротивление во впускной системе. • Неправильно отрегулирован зазор клапанов. • Недостаточная компрессия. • Неправильно установлен момент впрыска. • Неисправность форсунок. • Неисправность ТНВД.
Двигатель сильно стучит.	• Воздух в топливной системе. • Некачественное топливо. • Неисправность форсунок. • пружины клапанов ослабли или сломались. • Неправильно отрегулирован зазор клапанов. • Неправильно отрегулирован механизм газораспределения. • Неправильно установлен момент впрыска. • поршневые кольца изношены или сломались. • Износ цилиндропоршневой группы. • поврежден или сломан подшипник коленвала. • Износ распредвала.
Выхлоп черного цвета.	• Воздушный фильтр загрязнен. • Дополнительное сопротивление во впускной системе. • Неправильно отрегулирован зазор клапанов. • Недостаточная компрессия. • Недостаточное давление турбонаддува. • Дополнительное сопротивление в выпускной системе. • Неправильно отрегулирован механизм газораспределения. • Неисправность форсунок. • Неправильно установлен момент впрыска. • Неисправность ТНВД.
Выхлоп голубого или белого цвета.	• Некачественное масло или масло не соответствует требованиям производителя двигателя. • Неисправность свечей накаливания или реле этих свечей (дым только при запуске). • Загрязнен воздушный фильтр. • Дополнительное сопротивление во впускной системе. • Неправильно отрегулирован механизм газораспределения. • Неправильно установлен момент впрыска. • Неисправность форсунок или теплоотражателей. • Неисправно уплотнение клапана (штока). • Недостаточная компрессия. • прокладка блока повреждена. • поршневые кольца изношены или сломались. • Изношена цилиндропоршневая группа.

Неисправность	Причина
Чрезмерный расход масла.	• Внешняя утечка. • Некачественное или несоответствующее требованиям производителя масло. • Уровень масла в двигателе слишком высок. • Дополнительное сопротивление в системе вентиляции картера. • Утечка масла из масляной системы в топливную. • Утечка масла из дополнительного оборудования. • Утечка масла из масляной системы в систему охлаждения. • Утечка масла в ТНВД. • Загрязнен воздушный фильтр. • Дополнительное сопротивление во впускной системе. • Лаковые отложения на стенках цилиндра. • Поршневые кольца изношены или сломались. • Изношена цилиндропоршневая группа. • Износ направляющей/штока клапана. • Износ уплотнений штока клапана.
Перегрев.	• Утечка ОЖ. • Слишком высокий уровень масла. • Поломка вентилятора. • Насос системы охлаждения неисправен. • Неисправен радиатор. • Патрубки системы охлаждения повреждены. • Термостат неисправен. • Воздушный фильтр загрязнен. • Повреждена прокладка блока. • Дополнительное сопротивление во впускной или выпускной системе. • Деформация головки блока или трещины в ней. • Неправильно отрегулирован механизм газораспределения. • Неправильно установлен момент впрыска (слишком рано). • Неисправность форсунок. • Неисправность ТНВД.
Повышенное давление в картере.	• Дополнительное сопротивление в системе вентиляции картера. • Негерметичность в вакуумном насосе. • Поршневые кольца сломались. • Повреждена прокладка блока.
Неустойчивая работа двигателя.	• Неправильная рабочая температура. • Тяга ТНВД нуждается в регулировке. • Воздушный фильтр загрязнен. • Дополнительное сопротивление во впускной системе. • Воздух в топливе. • Неправильно подсоединены трубки к форсункам. • Дополнительное сопротивление в системе подачи топлива или системе слива лишнего топлива в бак. • Неправильно отрегулирован зазор клапанов. • Пружины клапанов ослабли или сломались. • Недостаточная компрессия. • ослабло крепление ТНВД. • Неправильно установлен момент впрыска. • Неисправность ТНВД.
Вибрация.	• Тяга ТНВД нуждается в регулировке. • Крепление двигателя ослабло или изношено. • Вентилятор неисправен. • Гаситель крутильных колебаний двигателя неисправен или ослабло его крепление. • Неправильно подсоединены форсунки. • Ослабло крепление маховика. • Недостаточная компрессия.

Неисправность	Причина
Низкое давление масла.	• Уровень масла низок. • Масло не соответствует требованиям производителя. • Масляный фильтр загрязнен. • Перегрев. • Масло загрязнено. • Датчик масляного давления неисправен. • Фильтр грубой очистки загрязнен. • Всасывающая гидролиния насоса повреждена или забита. • Поврежден предохранительный клапан. • Изношен насос. • Изношены подшипники коленвала.
Высокое давление масла.	• Масло не соответствует требованиям производителя. • Неисправен датчик. • Поврежден предохранительный клапан.

ONLINE ВИДЕО

Эксплуатация и ремонт бензиновых электрогенераторов	*Подготовил бензиновый генератор к работе за 5 мин. Первый запуск бензогенератора*	*Почему не запускается бензиновый генератор? Три основные причины.*
Запуск и обкатка бензинового генератора	*Бензогенератор не выдает напряжение*	*Основные поломки генераторов*
Как запустить бензогенератор после длительного простоя	*Бензогенератор для дома. Фатальные ошибки мастеров*	*В поисках причины стука бензогенератора Champion GG951DC*

ONLINE ВИДЕО

Техническое обслуживание бензогенератора HUTER	*Почему бензогенератор может не выдавать напряжение*	*Разобрал новый бензиновый генератор 5.5квт и прозрел*
Ремонт бензинового генератора DALGAKIRAN, рекомендации по эксплуатации	*Не запускается бензиновый генератор? Одна из проблем - застоявшийся бензин. Как решить проблему?*	*Как переделать генератора 2.5 кВт в 5.0 кВт, или почему горят новые генераторы?*

ГЛАВА 59

РЕМОНТ ГАЗОВЫХ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ

Классификация и особенности

Газовые электростанции по работе с топливом бывают:

- только газовые, которые работают на метане (магистральный газ) и на пропан-бутане (сжиженный газ);
- двухтопливные, которые работают на бензине и пропан-бутане.

В двухтопливных электроагрегатах, которые по сравнению с обычными газовыми, имеют схожую конструкцию, существуют свои **особенности**:

- газ и бензин имеют разные температуры сгорания, поэтому свече зажигания необходимо давать искру при разном давлении в цилиндре;
- регулировка открытия и закрытия клапанов должна быть различной, так как мы имеем дело с разным топливом, и, соответственно, количество смеси должно быть различным;
- переключение между двумя видами топлива происходят с помощью редуктора, а в качестве подающего устройства выступает обычный редуктор;
- запуск электростанции должен производиться на бензине и лишь после этого ее можно переключать на газ.

Смесители и редукторы

Газовые электроагрегаты включают в себя немного измененный двигатель. В качестве дозатора газа выступает **смеситель**, который по конструкции несколько сложнее редуктора.

ПРИМЕЧАНИЕ

Смеситель имеет преимущество за счет универсальности и ремонтопригодности. Он не подлежит регулировке и настроен под давление от 2 до 2,8 кПа. Однако, при меньшем давлении, а в России оно редко бывает больше 1,8 кПа, он работает на пределе своих возможностей. При этом летом давление обычно больше, а в сильные холода может опуститься до 1,3 кПа, что является нормой по нашим техническим условиям.

В двухтопливных газовых генераторах, работающих на бензине и на газе, обычно устанавливается редуктор, который позволяет переключать работу электростанции с одного вида топлива на другой.

Приобретение генератора

СОВЕТ

При выборе газового электроагрегата стоит обратить внимание на марку редуктора, поскольку он служит для подогрева смеси пропан-бутана, ее испарения и снижения давления газа до величины, близкой к атмосферному давлению.

От его функционирования зависит стабильность работы всей электростанции в целом.

В двухтопливных газовых электростанциях «Вепрь» устанавливаются редукторы Lovato, выпускающиеся в Италии в течение уже более шестидесяти лет и зарекомендовавшие себя благодаря высочайшему качеству, универсальности, простоте и надежности.

Следующий критерий оценки — фирма-производитель двигателя. Фирма является одним из самых главных критериев и относится к выбору и покупке вообще любой электростанции. Данное устройство — «сердце» каждого электроагрегата и от его качества зависит ресурс работы электростанции в целом.

Больше всего на рынке присутствуют двигатели китайского производства, построенные по технологии Honda или Yanmar.

ВНИМАНИЕ

Технологиями там и не пахнет, так как могут выпускаться либо оригинальные японские двигатели Honda или Yanmar, либо китайская копия, в основном, бездарная.

Верить, что они полностью идентичны, не стоит, поскольку при профессиональном тестировании в специализированных сервисных центрах, видно, что у них снижены все эксплуатационные характеристики. Поэтому моторесурс такого двигателя ниже, чем у оригинальной продукции, в 5—10 раз и составляет всего максимум 700 моточасов.

Кроме того, если в оригинальной продукции используются качественные материалы, а тарировочных зазоров между ними нет, то в китайской версии зазоры могут достигать 300 %. Это сильно уменьшает срок эксплуатации двигателя.

СОВЕТ

При покупке электростанции можно распознать совсем плохой двигатель, просто ее запустив. В этом случае слышны посторонние стуки, иногда даже звяканье клапанов.

Перед покупкой газовой электростанции рекомендуется провести следующий эксперимент:

- при запуске ручного стартера посчитайте, сколько раз требуется дергать за веревку;
- прогрейте двигатель;
- переключите редуктор с бензина на газ (если исследуете двухтопливную газовую электростанцию);
- дайте поработать электростанции;
- подключите потребителя электроэнергии (например, лампочку 100 Вт);
- оцените ее работу;
- отключите и снова подключите газ (для чистоты эксперимента);
- повторите перечисленные действия заново.

ПРИМЕЧАНИЕ

Хороший двигатель хуже будет заводиться в холодном состоянии.

При подборе газовой электростанции лучше не прельщаться низкой ценой китайского ширпотреба. По словам специалиста одного из московских сервисных центров, регулировка напряжения в китайских электростанциях устроена таким образом, что если сгорает генератор, который вырабатывает электрический ток, то система возбуждения пускает весь электроагрегат «вразнос» не по оборотам, а по напряжению на выходе.

В этом случае, если станция нагружена на 100 %, то у подключенных потребителей еще есть шанс не сгореть от страшного перенапря-

жения, так как при его возрастании пропорционально увеличивается потребляемая приборами мощность, двигатель с ней не справляется и снижает обороты. Если же электростанция нагружена слабо, то подключенные потребители сгорают буквально, как бенгальские огни. Такие факты были получены в сервисном центре в период проведения испытаний и ремонта большого количества китайских аппаратов.

Что касается производителя, то на самом деле отсутствует конкуренция среди газовых электроагрегатов. Помимо многочисленных китайских производителей, заваливших российский рынок своей продукцией, если не брать в расчет малоизвестных отечественных производителей двухтопливных генераторов, на отечественном рынке представлены две марки газовых электроагрегатов.

Поиск и устранение неисправностей газовой электростанции

Причины неисправностей и принятые меры указаны в **табл. 59.1**.

Причины неисправностей и принятые меры *Таблица 59.1*

Признак неисправности	Устранение
Генератор не заводится	
Неправильно установлен аккумулятор	Проверьте правильность подключения
Повреждено реле стартера	Проверьте и замените
Разряжена батарея	Зарядите
Проблемы в подаче газа	
Утечка газа	Замените шланг
Отказ миксера	Проверьте и замените
Газ не попадает в миксер	Очистите миксер и шланги подачи
Недостаточное давление газа	Отрегулируйте давление
	Проверьте воздушную заслонку
Слабая искра	
Потери в высоковольтном проводе	Замените или очистите
Неправильный зазор в свече зажигания	Отрегулируйте зазор
Нет искры	
Малый уровень масла	Долейте масло
Датчик уровня масла поврежден	Замените датчик
Неправильный зазор в свече зажигания	Отрегулируйте зазор
Проблемы в системе зажигания	Проверьте и замените
Воздушный фильтр загрязнен	Очистите фильтр
Отказ системы регулятора частоты вращения	Передвигайте тягу регулятора частоты вручную вперед-назад

Таблица 59.1 (продолжение)

Признак неисправности	Устранение
Газ просачивается	Проверьте и замените
Нагрузка превышает допустимую. Скорость вращения двигателя сильно падает	Уменьшите нагрузку
Недостаточное давление газа	Проверьте, нет ли утечки газа
Скорость колеблется	
Неправильное приготовление горючей смеси	Отрегулируйте давление газа при помощи клапана
Плохой контакт высоковольтного провода со свечой зажигания	Проверьте и отрегулируйте
Нет выхода энергии	
Не работает выключатель	Проверьте нагрузку, переключите еще раз
Не работает выключатель	Замените

ONLINE ВИДЕО

Газовый электрогенератор	*Гарантийный ремонт, газовый генератор, кожух*	*Генератор на природном магистральном газе*
Газовый электрогенератор Gazvolt (Газвольт) 6250: запуск и работа на магистральном метане	*Газ на бензогенератор. Что нужно, как настроить?*	*Газ и бензин, двух-топливный генератор. Нюансы работы.*

ГЛАВА 60

РЕМОНТ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ

Преимущества ветрогенераторов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Ветрогенераторами *называют устройства для преобразования энергии ветра в электрическую.*

В настоящее время ветроэлектрические генераторы являются наиболее удобными и доступными для частного пользователя альтернативными источниками энергии. Они дают ряд **преимуществ**:

- независимость от внешних источников (электросеть), возможность полностью исключить работы по проведению электрической линии на удаленные объекты;
- возможность использовать совместно с питанием от электросети и другими источниками (дизель-генератор, солнечные батареи), существенно экономя расходы и в то же время повышая стабильность электроснабжения;
- возможность использования как стационарных, так и мобильных ветрогенераторных установок для снабжения электричеством в путешествиях автомобилей, яхт, крупных судов;
- широкий спектр предлагаемых моделей позволяет выбрать наиболее подходящий каждому пользователю вариант генератора.

Устройство ветрогенератора

Ветрогенератор (ветроэлектрическая установка или ветроэлектростанция) — устройство для преобразования кинетической энергии ветра в электрическую.

Ветрогенераторы можно разделить на две категории: промышленные и домашние (для частного использования). Промышленные ветроэлектростанции устанавливаются государством или крупными энергетическими корпорациями. Как правило, их объединяют в сети, в результате получается ветряная электростанция. Ее основное отличие от традиционных (тепловых, атомных) — полное отсутствие как сырья, так и отходов. Единственное важное требование для ВЭС — высокий среднегодовой уровень ветра. Мощность современных ветрогенераторов достигает 6 МВт.

Уже сейчас за вполне умеренные деньги можно приобрести ветряную установку и на долгие годы обеспечить энергонезависимость своему загородному дому.

ПРИМЕЧАНИЕ

Обычно для обеспечения электроэнергией небольшого дома вполне достаточно установки номинальной мощностью 1 кВт при скорости ветра 8 м/с.

Если местность не ветреная, ветрогенератор можно дополнить фотоэлектрическими элементами или дизель-генератором. При этом ветрогенераторы с вертикальными осями могут быть дополнены меньшими ветрогенераторами. Например, турбина Дарье может быть дополнена ротором Савониуса. И при этом одно другому не мешает — источники будут замечательно друг друга дополнять.

Обычно ветрогенераторы состоят из четырех функциональных частей:

- вращающегося под воздействием ветра воздушного винта;
- устройства крепления этого винта в ветродоступном месте;
- самого генератора электрического тока;
- накопительной батареи.

В зависимости от конструкции и назначения ветроэлектрической системы составные части могут быть:

- или расположены компактно в мобильных ветроэлектростанциях;
- или разнесены на некоторое расстояние и сопряжены с другими энергетическими системами (стационарные ветроэлектростанции).

Устройство ветроэлектрической установки в упрощенном виде представлено на **рис. 60.1**.

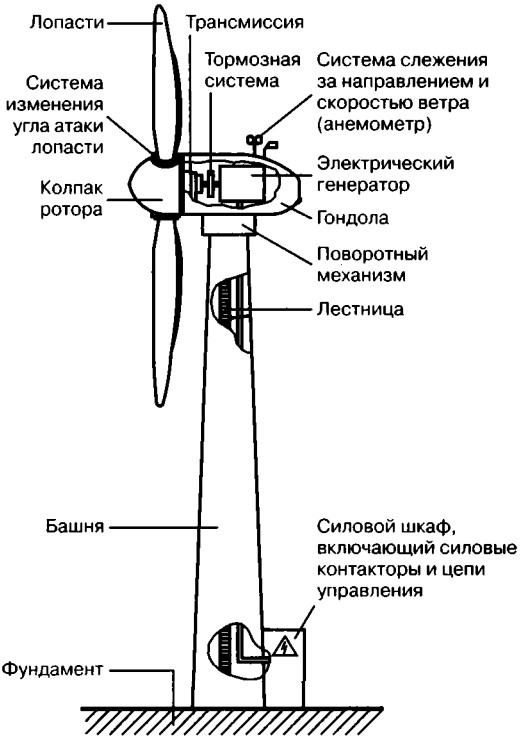


Рис. 60.1. Устройство ветроэлектрической установки

Упрощенная схема работы ветрогенератора

На сегодня существует два основных варианта работы ветрогенераторов.

Классическая несетевая схема: работа с аккумуляторными батареями и обычным инвертором. Этот вариант позволяет полностью или частично использовать автономное энергообеспечение. Для него неважно наличие общественной электросети (**рис. 60.2**).

Сетевая схема: работа с сетевым инвертором без аккумуляторных батарей (**рис. 60.3**). В этой схеме можно частично или полностью компенсировать расходы на электроэнергию. Также возможна продажа электроэнергии по «зеленому тарифу». Наличие общественной сети необходимо.

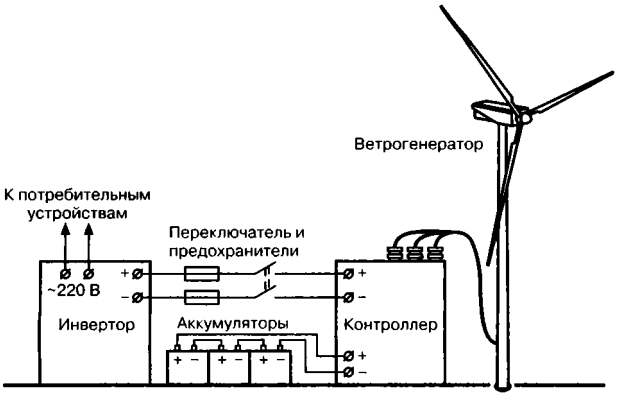


Рис. 60.2. Упрощенная несетевая схема ветроэлектростанции

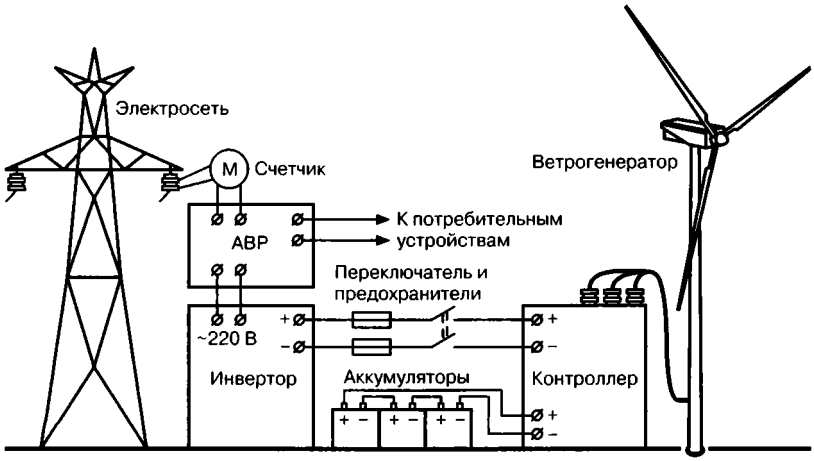


Рис. 60.3. *Упрощенная сетевая схема ветроэлектростанции*

Существует также множество комбинированных и второстепенных по значимости вариантов работы ветровых станций и солнечных панелей (без инвертора, с источником бесперебойного питания и т. д.)

На **рис. 60.2** представлена классическая несетевая схема работы ветрового электрогенератора.

Аккумуляторные батареи (АКБ или АБ) — это накопительная емкость для произведенного ветрогенератором электричества. Электроэнергия направляется в аккумуляторы и находится в батареях до того момента, пока потребитель не воспользуется ею.

ПРИМЕЧАНИЕ

Задача аккумуляторов состоит в сохранении электроэнергии в промежутке между ее производством и потреблением.

Если объем аккумуляторной батареи будет мал, то она будет быстро заполняться, а излишки энергии будут пропадать. Объем аккумуляторной батареи должен быть большим, иначе потерь электроэнергии не избежать. Но большая батарея стоит дороже, занимает больше места и требует большего ухода. А если купить батарею огромного объема, то она никогда не будет заполняться на полную емкость, что будет элементарным расточительством средств. Необходимо учесть также и саморазряд батарей в течение очень длительного хранения энергии.

Объем аккумуляторной батареи должен быть таким, чтобы при выработке ветряного электрогенератора или фотомодулей на максимальной мощности или при максимальном потреблении электроэнергии процесс заряда-разряда аккумуляторной батареи составлял не

менее 10 часов (это обязательное условие для всех свинцовых, кислотных, AGM, щелочных и гелевых батарей). К примеру, если номинальная мощность нашего ветряка 5 кВт, то объем аккумуляторной батареи должен составлять не менее 50 киловатт-часов.

Инвертор, преобразовывающий постоянный ток из аккумуляторных батарей в переменный ток, необходимый для домашней сети. Именно к нему уже подключаются потребители и электроприборы.

ПРИМЕЧАНИЕ

Мощность инвертора (он же частотный преобразователь) ограничивает максимальную мощность всех электроприборов, которые могут работать от вашей системы одновременно.

То есть, если инвертор ограничен по мощности 3 кВт, то вы никак не сможете одновременно использовать оборудование на 5 кВт. Таким образом, нельзя подключить одновременно:

- электрочайник (2 кВт);
- электробойлер (3 кВт);
- две-три лампочки (по 100 ватт каждая).

Тут есть выход: использовать эти приборы поочередно или наращивать количество/мощность инверторов. Можно установить более мощный инвертор на 6—7 кВт.

СОВЕТ

Если инвертора такой мощности не окажется, то можно добавить к системе еще один инвертор 3 кВт и разделить между ними электроприборы: первый инвертор будет для чайника и лампочек, а второй — для электробойлера.

Но не забываем, что все инверторы потребляют на свои нужды 5—10% электроэнергии! Это означает, что при получении на выходе 5 киловатт-часов, инвертор потребит из аккумуляторной батареи 5,2—5,5 киловатт-часа. Тут вывод аналогичен: необходим инвертор или группа инверторов, которые по мощности смогут обеспечить одновременное подключение всех потенциальных потребителей.

Таким образом, систему характеризуют следующие элементы:

- сила ветра (энергетический потенциал);
- мощность ветрогенератора (вырабатывает электроэнергию);
- емкость аккумуляторной батареи (накапливают электроэнергию);
- мощность инвертора (выдают электроэнергию потребителю).

- Каждый компонент энергетической системы работает независимо от других, но определяет тот или иной важный параметр. Каждый параметр критичен и от него зависит общая работоспособность системы возобновляемой энергетики (ветрового генератора).

ВЫВОД

Для того чтобы система ветрогенератора функционировала правильно, необходимо четко сформулировать задачи, которые надо достичь и предоставить исходные данные для расчета. В таком случае успех гарантирован.

Области применения ветрогенераторов

Мобильные ветрогенераторы могут использоваться в путешествиях для подзарядки аккумуляторов автомобиля или яхты, а также для непосредственного питания электрических приборов.

Стационарные ветроэлектростанции могут полностью обеспечивать электропитанием жилой дом или производственный объект, постоянно накапливать в аккумуляторных батареях большой ресурс электроэнергии для использования в безветренные периоды, работать в сочетании с дизельными и солнечными энергоисточниками, а также давать экономию при использовании центральной электросети.

Существует даже практика, когда частный владелец ветроэлектростанции может продавать излишки электроэнергии (постоянно или при случае) другим пользователям или использовать для взаимозачета с общим поставщиком электричества.

Стационарные ветроэлектрогенераторы используются также для питания и обеспечения надежности автономно функционирующих систем:

- отопительных и осветительных комплексов;
- насосных станций;
- метеостанций;
- охранных и мониторинговых систем.

Установка мощных стационарных ветроэлектростанций требует предварительных исследований, а также проведения ряда электромонтажных, строительных и грунтовых работ.

ПРИМЕЧАНИЕ

Портативные ветрогенераторы, как правило, менее производительны, но просты в установке и обслуживании.

Прикидочная таблица мощности ветроустановки

В доме ветряк должен рассматриваться в плане существенной экономии затрат на производство тепла, на досвечивание растений в теплицах и, в какой-то мере, снижения потребляемой электроэнергии от электросети. Но задача автомного или почти автономного снабжения жилища от энергии ветра очень сложна. Ветряк должен быть диаметром порядка 20 м.

Кроме перечисленных причин, сложность использования ветра заключена в его непостоянстве. Построить генераторную и стабилизирующую установку для ВЭУ составляет самостоятельную и очень сложную задачу.

ПРИМЕЧАНИЕ

Главный тормоз внедрения ветроэнергетических установок — высокая стоимость киловатта установленной мощности. К тому же не следует забывать повышенные эксплуатационные расходы ветряков.

Домашний умелец может прикинуть мощность ветроустановки в зависимости от диаметра пропеллера и скорости ветра. При среднегодовой скорости в 3,5 м/с, характерной для континентальной части России, можно принять, что среднеэнергетическая скорость составит около 5 м/с. А ветряк будет работать треть всего времени.

Важнейшей характеристикой ветряка является т. н. **КИЭВ** — коэффициент использования энергии ветра. У самых лучших образцов ветряков он составляет до 60—80%! (в среднем 40—45%). У любительских (самопалов) — порядка 35%. Т. о. при скорости ветра 5 м/с получим действительную мощность 0,35×90=31,5 Вт.

В **табл. 60.1** в числителе мощность самодельного ветряка в киловатах при КИЭВ 35%, в знаменателе обороты пропеллера в об/мин при быстроходности Z=6.

Прикидочная таблица мощности ветроустановки в зависимости от диаметра пропеллера и скорости ветра *Таблица 60.1*

Диаметр винта, м	Характеристики	Скорость ветра, м/с											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
1	мощность (кВт) при КИЭВ 35%				0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,13	0,18	0,31	0,6
	скорость пропеллера (об/мин)				459	573	688	803	917	1032	1146	1376	1720
2	мощность (кВт) при КИЭВ 35%		0,01	0,02	0,05	0,09	0,15	0,24	0,36	0,52	0,71	1,23	2,39
	скорость пропеллера (об/мин)		115	172	229	287	344	401	459	516	573	688	860
3	мощность (кВт) при КИЭВ 35%		0,01	0,04	0,1	0,2	0,34	0,55	0,82	1,16	1,6	2,76	5,39
	скорость пропеллера (об/мин)		76	115	153	191	229	268	306	344	382	459	573
4	мощность (кВт) при КИЭВ 35%		0,02	0,08	0,18	0,35	0,61	0,97	1,45	2,07	2,84	4,9	9,57
	скорость пропеллера (об/мин)		57	86	115	143	172	201	229	258	287	344	430
5	мощность (кВт) при КИЭВ 35%		0,04	0,12	0,28	0,55	0,96	1,52	2,27	3,23	4,43	7,66	15
	скорость пропеллера (об/мин)		46	69	92	115	138	161	183	206	229	275	344
7	мощность (кВт) при КИЭВ 35%	0,01	0,07	0,23	0,56	1,09	1,88	2,98	4,45	6,33	8,69	15	29,3
	скорость пропеллера (об/мин)	16	33	49	66	82	98	115	131	147	164	197	246
10	мощность (кВт) при КИЭВ 35%	0,02	0,14	0,48	1,13	2,22	3,83	6,08	9,08	12,9	17,7	30,6	59,8
	скорость пропеллера (об/мин)	11	23	34	46	57	69	80	92	103	115	138	172
15	мощность (кВт) при КИЭВ 35%	0,04	0,32	1,08	2,55	4,99	8,62	13,7	20,4	29,1	39,9	68,9	135
	скорость пропеллера (об/мин)	8	15	23	31	38	46	54	61	69	76	92	115
20	мощность (кВт) при КИЭВ 35%	0,07	0,57	1,91	4,54	8,87	15,3	24,3	36,3	51,7	70,9	123	239
	скорость пропеллера (об/мин)	6	11	17	23	29	34	40	46	52	57	69	86
25	мощность (кВт) при КИЭВ 35%	0,11	0,89	2,99	7,09	13,9	23,9	38	56,7	80,8	111	191	374
	скорость пропеллера (об/мин)	5	9	14	18	23	28	32	37	41	46	55	69

Неисправности ветроэлектростанций

ВНИМАНИЕ

При возникновении неисправностей в работе первым делом зафиксируйте лопасти, чтобы остановить вращение турбины, и только потом приступайте к проверке оборудования.

Для оценки вырабатываемой мощности лопасти на некоторое время надо будет отвязать.

Шаг 1. Еще раз проверьте монтаж установки и подключение кабелей в соответствии со схемой.

Шаг 2. Убедитесь, что скорость ветра достаточна для работы ветрогенератора. Для начала процесса зарядки аккумуляторов модели требуется ветер со скоростью не менее 5 км/ч. Во время стоянки в порту или в другой закрытой зоне скорость ветра у лопастей турбины может быть значительно ниже той, которую показывает закрепленный на мачте анемометр.

Статическая проверка. Проверьте состояние аккумуляторов. Для этого измерьте напряжение и уровень электролита в каждом аккумуляторе. Проверьте электрические кабели во всей системе. Посмотрите, нет ли коррозии в местах соединения кабелей и клеммных коробках.

Динамическая проверка. Измерьте выходную мощность ветрогенератора следующим образом.

Шаг А. Переключите цифровой мультиметр в режим измерения постоянного тока со шкалой 5 А или менее. Соедините положительную клемму прибора с выходным положительным проводом ветрогенератора, а отрицательную — с входной положительной клеммой регулятора. Если при достаточной скорости ветра прибор покажет некоторое значение, то, значит, генератор в состоянии вырабатывать электрический ток.

Шаг В. При тех же установках мультиметра измерьте ток между второй клеммой регулятора и положительной клеммой аккумулятора. Если при достаточной скорости ветра прибор покажет некоторое значение, то, значит, электрический ток проходит через регулятор.

Шаг С. Если в двух предыдущих замерах прибор не показал наличие тока, переключите мультиметр в режим измерения напряжения. Отсоедините ветрогенератор от регулятора и подключите:

- положительную клемму измерительного прибора к положительной клемме генератора;
- отрицательную — к отрицательной.

При достаточной скорости ветра прибор должен показать наличие напряжения, меняющегося вместе со скоростью вращения лопастей.

Это будет означать, что ветрогенератор способен вырабатывать электроэнергию.

Шаг D. Если испытания А и С прошли успешно, а В — нет, подсоедините генератор непосредственно к аккумулятору.

Затем переведите мультиметр в режим измерения постоянного тока и измерьте ток между положительным проводом генератора и положительной клеммой аккумулятора. Если при достаточной скорости ветра прибор покажет некоторое значение, то регулятор неисправен.

Шаг E. Если генератор не вырабатывает ток, и вольтметр не показывает напряжения на его выходе, выполните операции, указанные далее.

Проверьте состояние механических узлов генератора. Для этого его, возможно, придется снять с мачты.

Проверьте состояние щеток и токосъемного кольца. Для осмотра щеток снимите держатель хвостового стабилизатора и пластиковый обтекатель. Затем вывинтите колпачки из держателей щеток и извлеките щетки.

Наличие большого количества нагара на токосъемном кольце и пониженная мощность свидетельствуют о неправильной полярности подключения ветрогенератора к аккумулятору.

Отключите ветрогенератор от аккумулятора и проверьте вращение ступицы. Если ступица не вращается свободно, проверьте, нет ли короткого замыкания в цепи. При отсутствии повреждений в кабелях обратитесь к дилеру или производителю.

ONLINE ВИДЕО

Принцип работы ветряных турбин	*Генератор 400 ватт*	*Сгорел ветряк? Рассуждения на тему*
Нужен ли ветрогенератор в домашней электростанции?	*Принцип работы ветрогенератора на примере модели SEAH-400W*	*Ремонт ветрогенератора 2 киловатта 48 вольт SWG*

ONLINE ВИДЕО

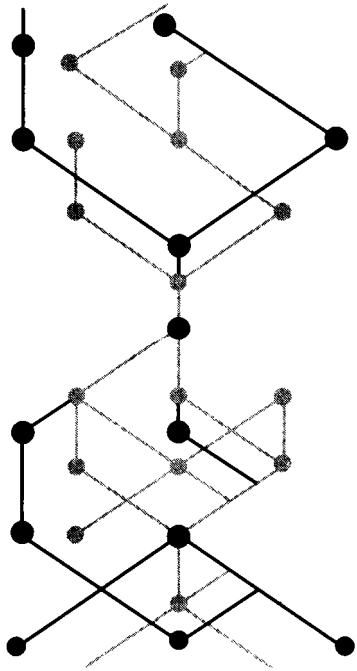
Собрал мощный ветрогенератор на целый дом. Бесплатное электричество	*Обзор ветрогенератора прямо из гондолы. Анатомия ветряка. Получили разрешение на запуск*	*Такой ветрогенератор должен стоять в каждом доме. Самодельный домашний ветряк*
Установка ветрогенератора после ремонта	*Ремонт и настройка самодельного контролера для ветрогенератора*	*На что хватает дешевого ветряка с АлиЭкспресс*

ЧАСТЬ

8

РЕМОНТ НАСОСОВ

- *Основные характеристики и режимы работы водяных насосов*
- *Классификация насосов по принципу действия*
- *Погружные насосы*
- *Ремонт насосов в условиях производства*
- *Ремонт насосов в домашних условиях*



ГЛАВА 61

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ ВОДЯНЫХ НАСОСОВ

Режимы работы и базовые показатели водяных насосов

Большое разнообразие показателей, характеристик насосов и установок, приводимых в технической литературе, подчас приводит к затруднениям и неоднозначности при их использовании. Поэтому целесообразно рассмотреть **основные показатели**, характеризующие работу насосов и установок:

- технологические;
- эргономические;
- надежностные.

Обычно различают **два вида показателей**:

- номинальные показатели, при которых насос (установка) должен эксплуатироваться;
- оптимальные показатели, соответствующие максимальному экономическому эффекту от использования насоса (установки).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Оптимальным режимом называется работа в режиме максимального КПД.

Во многих случаях номинальный и оптимальный режимы работы насосов и установок не совпадают. Это объясняется необходимостью в реальных (производственных) условиях обеспечить какой-либо показа-

тель работы установки, который не совпадает в рабочих характеристиках насоса (установки) с режимом максимального КПД.

Технологические показатели водяных насосов

Рассмотрим базовые показатели насосов (установок), подробнее всего — технологические.

К **технологическим показателям насосов** (установок) можно отнести:

- подачу Q, напор H, мощность N;
- вид и параметры энергетического питания привода;
- характеристики перекачиваемых и потребляемых сред (плотность, температуру, наличие или отсутствие в жидкости твердых или газообразных примесей);
- кавитационные (антикавитационные) свойства;
- характеристики самовсасывания;
- коэффициенты полезного действия (КПД);
- массу, габаритные размеры насоса или установки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Подача насоса (установки) *— это количество жидкости, перекачиваемой насосом (установкой) в единицу времени. Различают объемную подачу, массовую подачу и весовую подачу.*

В характеристиках насосов обычно принято задавать **объемную подачу**, т. е. объем жидкости, полезно используемый потребителем, при давлении, измеренном на выходе из насоса.

Для гидроструйных насосов, кроме полезной (пассивной) подачи, должен быть задан **расход рабочей (активной) жидкости**.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Напор насоса *— это разность удельных механических энергий жидкости на выходе из насоса и на входе в него. Различают объемный, массовый и весовой напоры.*

Весовой напор имеет смысл в условиях определенного и постоянного поля гравитации. Он увеличивается с уменьшением ускорения свободного падения, а в условиях невесомости становится равным бесконеч-

ности. Поэтому весовой напор, широко используемый в настоящее время (на территории СНГ он колеблется за счет изменения гравитационных сил в пределах 0,35 %, а в целом на Земле — в пределах 0,6 %), неудобен для характеристик насосов летательных и космических объектов.

На практике очень часто для высоконапорных насосов скоростным напором и энергией положения пренебрегают вследствие их малости по сравнению со статическим давлением. Полная мощность насоса N расходуется на приведение его в действие. Она подводится извне в виде энергии приводного двигателя или с расходом рабочей жидкости, подаваемой к струйному аппарату под определенным напором.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Коэффициент полезного действия (КПД) насоса *– это отношение полезной гидравлической мощности к полной подводимой мощности.*

К показателям кавитации относят **надкавитационный напор** (кавитационный запас) — избыток удельной энергии жидкости над удельной энергией (упругостью) ее насыщенных паров. Для разных стадий развития кавитации различают следующие надкавитационные напоры:

- **подавляющий** — значение надкавитационного напора, при котором в насосе не проявляется никаких признаков кавитации;
- **эрозионный (парогазовый)** — значение надкавитационного напора, при котором обнаруживается эрозионное воздействие жидкости на проточную часть насоса; начало эрозии обнаруживается методом лаковых покрытий или путем анализа виброзвуковых характеристик;
- **параметрический** — значение надкавитационного напора, при котором появляются устойчивые кавитационные каверны; при испытаниях насосов рекомендуется принимать величину, при которой напор насоса уменьшается на 2 % по сравнению с бескавитационной работой при неизменной (заданной) подаче;
- **предельный** — наименьшее значение надкавитационного напора, при котором еще сохраняется кинематическое подобие (подобие течений) в модельном и испытываемом (натурном) насосах.

ПРИМЕЧАНИЕ

Перечисленные кавитационные показатели являются объективными, однако для насосов важно знать необходимый надкавитационный напор.

Этот параметр должен быть обеспечен в процессе эксплуатации для того, чтобы насос работал без существенного снижения напора и КПД или чтобы была ограничена приемлемыми пределами скорость кавитационной эрозии деталей насоса либо какие-нибудь другие показатели.

Показатели самовсасывания

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Номинальная высота самовсасывания *– расстояние по вертикали от свободной поверхности жидкости до верхней точки области возникновения кавитационных явлений, при которой насос обеспечивает самовсасывание жидкости определенного вида и последующую нормальную работу при температуре 20 °С и атмосферном давлении (0,1013 МПа).*

Подача воздуха при номинальной высоте самовсасывания — объемный расход (подача) воздуха, приведенный к давлению на входе в насос при отсутствии противодавления на выходе из насоса, атмосферном давлении 0,1013 МПа и температуре воздуха 20 °С.

Показатель применим только для насосов со стабильной во времени характеристикой самовсасывания. Изменение подачи воздуха при самовсасывании во времени (нестабильность характеристики) определяется в основном нагревом жидкости, что характерно для рециркуляционных систем самовсасывания.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Минимальное время самовсасывания *– время, в течение которого насос, работающий при номинальной высоте самовсасывания и отсутствии противодавления на выходе и имеющий подводящий трубопровод заданных диаметра и длины, осуществляет самовсасывание.*

Допустимая продолжительность самовсасывания — время, в течение которого допускается работа самовсасывающего насоса при номинальной высоте в режиме самовсасывания.

При отсутствии режимных ограничений время обычно принимается равным времени, в течение которого подача воздуха уменьшится на 25 % (например, вследствие нагрева жидкости для рециркуляционных установок и насосов).

Эргономические показатели насосов

К эргономическим показателям насосов и установок относятся:

- **внешняя утечка**, т. е. расход жидкости, вытекающий из насоса в наружную среду (например, через сальники) при номинальном режиме и определенном (заданном) давлении на входе;
- **уровень звукового давления** — общий уровень звукового давления в децибелах при пороговом значении, измеренном на расстоянии 1 м от наружного контура насоса (установки) в заданных точках при номинальном режиме работы насоса (установки);
- **уровень вибрации** — общий уровень вибрации в децибелах по эффективному (среднеквадратическому) значению колебательной скорости или ускорения, измеренный на опорной поверхности насоса (установки) в направлении, перпендикулярном к ней, в точках, где вибрация максимальна.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для некоторых насосов (установок) применяют ряд специальных параметрических показателей — таких, как допустимая продолжительность работы при нулевой подаче (при закрытой напорной задвижке).

При выборе показателей надежности (наработка на отказ, ресурс, вероятность безотказной работы и т. п.) необходимо установить эксплуатационные допуски на рабочие параметры, так как чем больше допуск, тем выше надежность насоса.

Подобие насосов

Определить формы движения жидкости в насосах теоретическим путем на современной стадии развития науки не всегда представляется возможным. Поэтому в практике проектирования лопастных и струйных насосов во многих случаях используют опытные данные.

Научно обоснованное обобщение результатов экспериментов можно выполнить с помощью методов теории подобия.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Подобными *называются явления, у которых все характеризующие их величины находятся между собой в постоянных соотношениях.*

Таким образом, при подобии потоков жидкости в насосах по известным характеристикам потока жидкости в одном из них (модели) можно получить характеристики потока жидкости в другом (натурном) насосе простым пересчетом.

Такой переход аналогичен переходу от одной системы единиц физических величин к другой. Для обеспечения возможности такого перехода от модельного образца к натурному необходимо соблюдение геометрического, кинематического и силового (гидродинамического) подобия.

Геометрическое подобие границ потоков (проточных полостей насосов) — необходимое условие подобия самих насосов. При соблюдении этого условия все сходственные линейные размеры проточной части сравниваемых насосов должны находиться в постоянном соотношении. Геометрическое подобие, кроме того, включает подобие относительных шероховатостей стенок проточной части насосов, толщин обтекаемых профилей.

Кинематическое подобие — это подобие траекторий движения частиц жидкости и равенство скоростей в сходственных точках потока (т. е. планы скоростей модельного и натурного потоков должны быть подобны).

Силовое (гидродинамическое) подобие означает полное подобие потоков и характеризуется равенством отношений сил одинаковой физической природы, действующих на частицы жидкости или на границы потока, в сходственных точках. Силовое подобие в насосах возможно только при кинематическом подобии.

Характеристики насосов, используемые в практике

Размерные гидравлические характеристики насосов — это взаимозависимости основных параметров насосов (расхода, напора, надкавитационного напора, мощности, а для центробежных насосов и частоты вращения) и зависимости этих параметров от плотности жидкости, вязкости.

Если все параметры переменны, то общую характеристику необходимо строить в многомерном пространстве. Такую характеристику невозможно изобразить графически и даже трудно себе представить. Поэтому приходится вводить определенные комплексы, составленные из указанных величин, принимая некоторые из них постоянными.

Относительные характеристики — это такие, в которых за единицу величины характеризуемых параметров принимают определенные значения этих параметров, например напор, расход, мощность и КПД, соответствующие оптимальному режиму (режиму максимального КПД).

Безразмерные характеристики выражают зависимости одной безразмерной комбинации параметров насоса от другой. Безмерные характеристики могут быть распространены на весь безразмерный (подобный) ряд насосов, характеризуемых, например, геометрическим масштабным коэффициентом.

С этой точки зрения они очень удобны. Однако при использовании безразмерных характеристик необходимо учитывать возможность нарушения условий кинематического и динамического подобия, например вследствие возникновения кавитации или из влияния вязкости и других факторов.

ONLINE ВИДЕО

Как работает насосная станция. Устройство. Как выбрать	*Как правильно выбрать режим работы насоса частотника*	*Центробежный насос — устройство и принцип работы*
Центробежный насос тип Д	*Принцип работы центробежного насоса*	*Типы и принцип работы поршневых насосов*
Глубина всасывания насосов. Подробно с примерами. С какой глубины станция может поднять воду?	*Как работает центробежный насос? Основные типы конструкций центробежных насосов*	*Ремонт водяного насоса. Все размеры и зазоры для правильной работы*

ГЛАВА 62

КЛАССИФИКАЦИЯ НАСОСОВ ПО ПРИНЦИПУ ДЕЙСТВИЯ

Центробежные насосы

По принципу действия насосы разделяются на две категории:

- центробежные;
- вибрационные.

Центробежные насосы — самая многочисленная группа бытовых насосов. Главная деталь рабочего механизма — закрепленное на валу внутри корпуса **вращающееся колесо** (иногда их несколько). Оно состоит из двух дисков, соединенных находящимися между ними лопастями. Каждая из них изогнута в сторону, противоположную направлению вращения рабочего колеса (**рис. 62.1**).

Во время работы насоса полости между лопастями («межлопастные каналы») заполняются перекачиваемой средой. При вращении такого колеса на жидкость действует центробежная сила, создающая область пониженного давления в центре и повышенного — на периферии. За счет разности давлений вода извне (атмосферное давление) поступает в эпицентр (разрежение) этого своеобразного урагана и выбрасывается через выходной патрубок наружу.

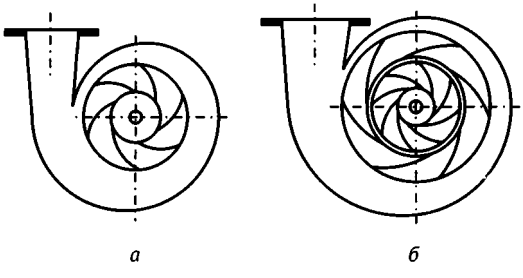


Рис. 62.1. *Схема насоса со спиральным отводом:*
а — без направляющего аппарата; б — с направляющим аппаратом

Рассмотрим **детали центробежного насоса**.

1. Рабочее колесо. Рабочее колесо чаще всего выполняется литым из чугуна или бронзы, реже из литой стали, а в специальных случаях, для перекачки едких жидкостей, из свинца, каучука, эбонита, керамики и тому подобных материалов.

По причине малой доступности внутренних каналов рабочих колес обработка их возможна только ручным способом, а поэтому весьма важно иметь чистую отливку.

ПРИМЕЧАНИЕ

От того, насколько тщательно может быть произведена обработка и зачистка рабочих поверхностей колеса, зависит: КПД и степень кавитационной устойчивости насоса.

С этой стороны применение бронзы более предпочтительно. Она лучше льется и обрабатывается. По условиям прочности в чугунных колесах окружные скорости допустимы не более 40—50 м/с. В бронзовых они могут быть несколько большими и при хорошем ее качестве достигают значений 80 м/с.

По своей конструкции рабочие колеса бывают закрытыми или открытыми, т. е. без покрывного диска с открытыми лопатками. Лопатки могут быть цилиндрическими или пространственными с поверхностью двойной кривизны. Открытые колеса, как правило, применяются при низких давлениях и особенно густых или загрязненных жидкостях, что удобно в смысле доступности каналов рабочего колеса для очистки.

В нормальных центробежных насосах колеса делаются закрытого типа, так как отсутствие покрывного диска снижает создаваемый колесом напор и увеличивает щелевые перетоки жидкости.

В закрытых колесах оба его диска обычно отливаются заодно с лопатками, хотя встречаются клепаные колеса, преимущественно в малых размерах. В крупных насосах рабочие лопатки иногда изготовляются штампованными из стали и заливаются в чугунный обод.

В колесах быстроходностью до ns=100 лопатки колеса имеют изгиб в одной плоскости, т. е. их поверхности цилиндрические. С увеличением степени быстроходности и уменьшением отношения — в целях увеличения рабочей поверхности лопатки — ее входная кромка начинается почти от втулки.

Так как при этом все точки кромки будут обладать различными окружными скоростями, поверхность лопатки получается сложной кривизны. На валу рабочее колесо закрепляется обычно одной или двумя шпонками, реже при помощи резьбы.

2. Вал насоса. Вал насоса обычно изготовляется из кованой мартеновской стали, а в ответственных случаях — из легированной с добавлением хрома, никеля, ванадия.

Для защиты вала от износа или непосредственного воздействия жидкости он иногда облицовывается втулками, а в сильно коррозирующей среде выполняется из специальных сортов нержавеющей стали.

ПРИМЕЧАНИЕ

Ввиду высоких чисел оборотов центробежных насосов их валы рассчитываются на критическое число оборотов.

Валы бывают двух видов:

- жесткие, если их рабочие числа оборотов лежат ниже критических;
- гибкие, если они выше критических.

Гибкие валы в насосах применяются редко. Для обеспечения спокойного хода, а также возможности перехода через критическое число оборотов ротор насоса, т. е. вал с насаженными на него деталями (колеса, муфта, диски), должен быть тщательно статически, а иногда и динамически отбалансирован на особых станках.

Достаточно очень небольшой неуравновешенности вращающихся масс, чтобы возникли колебания вала, вызывающие дополнительный его прогиб, опасный для прочности вала.

3. Сальники. Сальники устанавливаются в пространстве между кожухом и валом в месте его выхода из насоса наружу и служат целям уплотнения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Сальник, расположенный со стороны всасывания, не должен пропускать в насос воздух. Сальник со стороны нагнетания должен предотвращать утечку жидкости из насоса.

Нормально сальники центробежных насосов имеют мягкую набивку, материалом для которой служит пенька, хлопок, бумажная пряжа, асбестовый шнур, пропитанные салом вместе с графитом.

Сальник со стороны всасывания снабжается водяным затвором, состоящим из кольца, к которому подводится жидкость из напорной линии, чем закрывается доступ воздуха внутрь насоса.

В кислотных насосах подобный затвор осуществляется специальной жидкостью. При нагнетании жидкости с повышенной температурой сальники обязательно имеют охлаждающие рубашки.

4. Подшипники. Подшипники центробежных насосов имеют преимущественно чугунные вкладыши с баббитовой заливкой. Смазка кольцевая, иногда с охлаждением масла водяной рубашкой или змеевиками.

Широко применяются также шариковые и роликовые подшипники с жидкой или густой смазкой. Здесь находят применение также подшипники с водяной смазкой: резиновые, текстолитовые, бакаутовые и др.

Осевые силы, действующие на ротор насоса, воспринимаются шариковыми пятами, а при значительных усилиях—пятами трения типа Кингсбери или Мичелля.

5. Корпус насоса. Корпус насоса обычно выполняется из чугунного литья и только при давлениях выше 40—50 атм применяют стальное. Внутренние каналы корпуса должны иметь возможно более гладкие стенки, так как большая шероховатость при значительных скоростях движения жидкости может значительно понизить КПД насоса.

Как уже указывалось, корпус насоса может быть цельным с разъемом лишь по оси насоса или в виде отдельных секций, скрепляемых стяжными болтами. В первом случае литье более сложно, но в значительной мере облегчен монтаж насоса, так как не требуется разборки трубопроводов и при снятии крышки ротор целиком может быть вынут из корпуса.

Для присоединения арматуры (манометра, вакуумметра, воздушных кранов для выпуска воздуха при заливке насоса, заливочных приспособлений, спускных кранов) корпус снабжается соответствующими отверстиями.

6. Направляющий аппарат. Направляющий аппарат в большинстве случаев, кроме чисто специальных целей, делают литым из чугуна. Бронзовый аппарат предпочтительнее в смысле возможности получения более гладких поверхностей его каналов и легкости их зачистки.

7. Уплотняющие кольца. Уплотняющие кольца выполняются из чугуна, бронзы, а в случае возможного их износа при перекачке загрязненных жидкостей, также из стали с закалкой или цементацией. В современной практике стали применяться резиновые уплотняющие кольца.

Вибрационные насосы

«Рабочим органом» таких насосов является **гибкая мембрана**. По одну сторону от нее находится полость, заполненная перекачиваемой жидкостью, а по другую — вибратор, периодически заставляющий мембрану деформироваться. В зависимости от направления ее изгиба рабочий объем изменяется в большую или меньшую сторону, сопровождаясь соответственно уменьшением или увеличением давления.

Сначала создается разрежение, открывается впускной клапан, и вода всасывается внутрь. Затем вибратор делает рабочее давление избыточным, в результате жидкость выталкивается через выпускной клапан наружу (**рис. 62.2**).

Рассмотрим его конструкцию. Вибрационные насосы относятся к насосам инерционного типа. Работа инерционных насосов основана на возбуждении в жидкости колебательных процессов, способствующих ее движению.

Конструкция всех вибрационных насосов однотипна. Насос состоит из трех частей:

- электромагнита;
- вибратора;
- корпуса насоса.

Электромагнит состоит из П-образного сердечника, собранного из листовой электротехнической стали и двух катушек, намотанных эмалированным медным проводом.

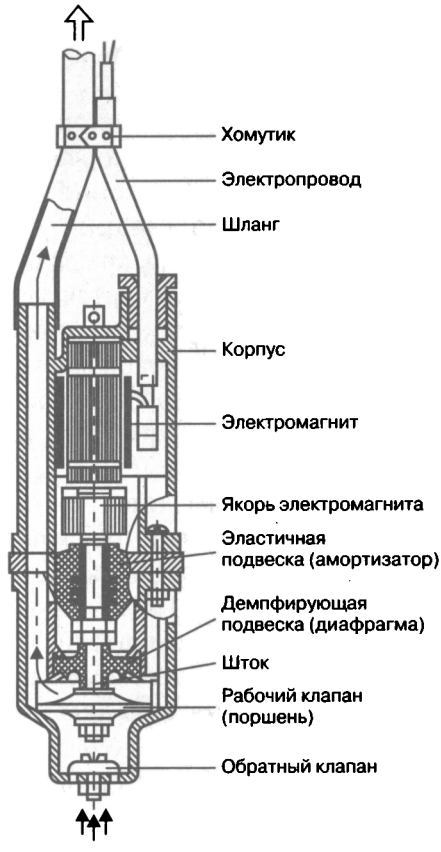


Рис. 62.2. Чертеж вибрационного насоса

Сердечник с катушками устанавливается в корпус и заливается эпоксидным компаундом. Компаунд служит для закрепления сердечника с катушками в корпусе, а также изоляционным материалом и обеспечивает отвод тепла от катушек к корпусу, через который происходит их охлаждение.

Компаунд готовится из эпоксидной смолы, пластификатора, отвердителя и кварцевого песка, улучшающего теплопроводность.

Вибратор состоит из якоря с запрессованным в нем штоком. На штоке установлена резиновая пружина, называемая **амортизатором**.

ПРИМЕЧАНИЕ

От качества изготовления амортизатора зависят параметры насоса, его экономичность.

Резиновая диафрагма, установленная на соответствующем расстоянии от амортизатора через дистанционную муфту, служит дополнительной опорой штоку и обеспечивает его направление. Диафрагма также разделяет электрическую и гидравлическую камеру, находящуюся под давлением. Упор обеспечивает сжатие и фиксацию диафрагмы в корпусе насоса. На конце штока закреплен резиновый поршень.

И наконец, последний узел — это **корпус** насоса с установленным в нем клапаном, перекрывающим входные отверстия. Между клапаном и корпусом также имеется зазор 0,6—0,8 мм, что обеспечивает свободное вытекание жидкости при отсутствии давления. Клапан также изготавливается из высококачественной резины. Он является самым уязвимым элементом в насосе и в первую очередь выходит из строя.

Рассмотрим принцип работы насоса. При включении насоса в электрическую сеть с частотой тока 50 Гц якорь притягивается к магниту. При перемагничивании полюсов каждые полпериода амортизатор откидывает якорь обратно, т. е. за один период токовой волны якорь притягивается 2 раза. Соответственно в секунду при частоте 50 Гц якорь притягивается 100 раз. С такой же частотой вибрирует поршень, расположенный на одном штоке с якорем.

Объем в корпусе насоса, ограниченный поршнем и клапаном, образует **гидравлическую камеру**. Так как вода, перекачиваемая насосами, является двухкомпонентной смесью, содержащей растворенный и нерастворенный воздух, то она обладает некоторой упругостью, т. е. она пружинит при механическом воздействии, что и происходит в гидравлической камере при колебании поршня.

Вода как пружина сжимается и разжимается, а ее излишки выталкиваются в напорный патрубок. Таким образом насос перекачивает воду. При этом клапан обеспечивает впуск воды и ограничивает выход воды через всасывающие отверстия.

Рассмотрим параметры насоса. Информация по параметрам вибрационных насосов разных производителей, указанная на табличках и в рекламе, очень противоречива.

На большинстве отечественных насосов маркируется **номинальный напор** 40 м при номинальной подаче 0,12 л/с (или 0,43 м^3/ч).

На импортных (китайских) насосах маркируется максимальный напор от 60 до 80 м. Это напор при полностью перекрытой подаче. Фактически все эти насосы при напоре 40 м качают гораздо меньше, чем насосы «Ручеек» или «Малыш».

Максимальная подача, определяемая при работе вибрационных насосов без напора, в зависимости от регулировки колеблется от 1 до 1,5 м^3/ч.

Мощность, потребляемая насосами, указана в пределах от 180 до 300 Вт. Фактически насосы, отрегулированные на номинальные пара-

метры, потребляют мощность от 190 до 220 Вт в диапазоне по напору от 1 до 40 м. При повышении напряжения увеличиваются производительность, ток и мощность. При снижении напряжения до 200 В производительность снижается на 25 %. Таким образом, вибрационные насосы могут работать при колебаниях напряжения, свойственных сельской местности и загородным территориям.

Глубина погружения, указанная в маркировке, означает, на какой уровень под слой воды может погружаться насос.

У большинства производителей эта величина обусловлена наличием испытательного оборудования, так как при испытаниях необходимо создавать давление с полуторакратным запасом.

Хотя оболочка насоса выдерживает значительно большее давление, остановились на трех метрах. Если насос утопить глубже (до 5—7 м), проблем не будет

Глубинные насосы

ПРИМЕЧАНИЕ

Максимальная высота всасывания обычного бытового насоса, как правило, не превышает 10 м.

Поэтому обычный бытовой насос, установленный на поверхности, не в состоянии обеспечить подачу воды с больших глубин. В таких случаях необходимо использование **скважных насосов**.

Действие **глубинных насосов** основано на том, что легче создать достаточное для подъема давление воды снизу, чем пытаться за счет откачки воздуха поднимать ее сверху.

ПРИМЕЧАНИЕ

Колодезные насосы похожи на скважные и могут работать не только в колодцах, но и в специальных резервуарах или естественных водоемах.

Они также имеют форму цилиндра, но уже большего диаметра, что позволяет им эффективнее использовать возможности двигателя. Такие насосы по сравнению со скважными имеют:

- большую производительность;
- меньшую стоимость при тех же потребляемой мощности и напоре.

ВНИМАНИЕ

Из-за сильной тяги, образующей так называемый «конус всасывания», их нельзя приближать менее чем на метр ко дну колодца (сам насос, возможно, и не испортится, а вот качество воды ухудшится заметно).

Колодезные насосы комплектуются регулируемым поплавковым выключателем, обеспечивающим работу в автономном режиме.

Дренажные насосы

Дренажные насосы предназначены для откачки воды из затапливаемых подвалов, бассейнов и других мест, нуждающихся в быстром осушении. Иногда их используют и в целях перекачки питьевой воды, однако, это не их работа.

ПРИМЕЧАНИЕ

Дренажные насосы очень производительны, но обладают низким напором и в большинстве своем не способны функционировать на глубинах свыше 7 м.

Их устанавливают непосредственно на дно емкости с водой или на пол залитого помещения. **Дренажные насосы** работают только в сравнительно холодной воде (от 4 °С до 40 °С).

ВНИМАНИЕ

Поэтому откачивать горячие стоки с их помощью нельзя.

Насосы из нержавеющей стали тяжелее, но зато обладают большей производительностью и работают в более широком диапазоне температур (от 0 °С до 50 °С), а некоторые модели способны кратковременно выдержать очень горячую (до 70 °С) воду.

Это позволяет использовать их для ликвидации аварий на линиях горячей воды и отопления, а также в системах канализации, например, для отвода «серых» (нефекальных) стоков, например, от стиральной или посудомоечной машины.

ВНИМАНИЕ

Стоит учесть, что диаметр твердых включений в перекачиваемой жидкости для всех этих насосов не должен превышать 10 мм.

Хотя эти агрегаты и используются в довольно чистой воде, специалисты рекомендуют устанавливать перед ними **сетчатые фильтры**, предохраняющие рабочие механизмы от случайного попадания крупных частиц. Все эти насосы снабжены поплавковыми выключателями, предохраняющими устройства от работы «всухую».

Для выбора модели **дренажного насоса** необходимо знать интенсивность притока откачиваемой воды. Приведем несложную методику приблизительного расчета этого параметра.

Как правило, весь объем приточной воды ($Q_о$) формируется из объемов дренажной воды ($Q_{др}$), объема дождевой воды ($Q_д$) и объема сточных вод ($Q_{ст}$) (если существует сброс очищенных сточных вод в дренажную систему) и рассчитывается по формуле, л/с:

$$Q_о = Q_{др} + Q_д + Q_{ст}.$$

С точки зрения специалистов объем дренажной воды незначителен. Для наших целей будет достаточно приблизительной оценки:

- для песчаных почв: $Q_{др}$ = L ´ 0,008 (л/с);
- для глинистых почв: $Q_{др}$ = L ´ 0,003 (л/с),

где L — протяженность дренажного трубопровода, м.

Интенсивность притока дождевой воды рассчитывается по формуле:

$$Q_д = i \times \phi \times S,$$

где i — номинальная интенсивность дождя, л/(с·м^2); ϕ — коэффициент расхода; S — площадь водосбора, м^2.

Для приблизительной оценки достаточно будет принять следующие значения номинальной интенсивности дождя:

- i = 0,014 л/(с·м^2) для равнинной местности;
- i = 0,023 л/(с·м^2) для горной местности.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Коэффициент расхода *– это замеренный расход поверхностного стока дождевой воды с площади водосбора.*

Для удобства можно воспользоваться **табл. 62.1**.

Коэффициент расхода дождевой воды в зависимости от типа водосбора *Таблица 62.1*

Поверхность	Коэффициент расхода ϕ
Крыши домов и водонепроницаемые поверхности – асфальтовые, бетонные поверхности или поверхности с бетонными стыками	1,0
Поверхности со стыками, заполненными гравием или травой	0,8
Гравий	0,6
Садовые или подобные им участки	0,1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

***Площадь водосбора S** – это площадь, с которой вода поступает в дренажную систему.*

Интенсивность притока сточных вод зависит от количества людей, живущих в доме, и рассчитывается эмпирически:

$$Q_{ст} = 150 \text{ л/сутки на одного человека.}$$

Итак, подсчитав объем приточной воды, несложно подобрать модель насоса с учетом того, что его производительность должна превышать расчетную максимальную величину. Предел превышения определяется пропускной способностью трубопроводов, которую можно узнать из **табл. 62.2**.

Пропускная способность трубопроводов *Таблица 62.2*

Диаметр трубопровода	Пропускная способность	
	л/с	м³/ч
DN50	2,2	8
DN65	3,3	12
DN80	4,2	15
DN100	7	25

ВЫВОД

Производительность насоса не должна быть меньше табличных значений для выбранного диаметра трубопровода.

Поверхностные насосы

Термин «**поверхностные**» означает «**непогружные**». Корпус такого насоса чаще всего удален от перекачиваемой жидкости. Некоторые из них, тем не менее, могут быть закреплены на специальном поплавке (если позволяют вес и габариты), например, пенопластом, и установлены непосредственно на воду.

Необходимость в этом возникает, когда около берега скапливается много водорослей или дно водоема илистое.

ПРИМЕЧАНИЕ

Высота всасывания у них не превышает 10 м, так что для подъема воды с больших глубин приходится прибегать к всевозможным ухищрениям.

Одно из них заключается в применении **внешнего эжектора** — специального устройства, опускаемого в воду вместе с всасывающим шлангом.

Во время работы насоса часть поднятой жидкости поступает по дополнительному шлангу обратно в эжектор, повышая тем самым давление на входе. Иначе говоря, вода «подталкивается» снизу.

С ростом глубины производительность системы падает, а потребляемая мощность и сложность конструкции, наоборот, растут. При глубинах около 25 м цены поверхностного и скважного насосов уравниваются.

Универсальные садовые насосы

Универсальные садовые насосы обычно конструктивно просты и, следовательно, недороги. Их используют для перекачки воды как для питья, так и для различных хозяйственных нужд. Для обеспечения бесперебойного водоснабжения их дополнительно комплектуют гидроаккумулятором и контролирующей автоматикой.

Напорные насосы изначально оснащены необходимой автоматикой и рассчитаны на бесперебойное водоснабжение даже без дополнительного гидроаккумулятора. Это важно не только в случае водопровода, но и при орошении участка.

ПРИМЕР

При возможном перегибе шланга и остановке водотока насос отключится автоматически, предотвращая перегрузку двигателя. Аппарат «подождет», пока помеха не будет устранена, и продолжит подачу воды.

В полной мере это относится и к простому крану при стационарном подключении насоса к водопроводу — как только он будет открыт, агрегат немедленно начнет работать.

Насосные станции

Насосные станции являются «полноценными» системами бесперебойного водоснабжения. Они предназначены только для стационарного применения и **включают в себя**:

- насос;
- реле давления;
- гидроаккумулятор.

При небольшом расходе, за счет имеющегося запаса воды, двигатель насосной станции не включается, благодаря чему его ресурс вырабатывается медленнее.

По своему назначению и расположению в общей схеме водоснабжения водопроводные **насосные станции подразделяются** на станции I подъема, II и последующих подъемов, повышающие и циркуляционные.

Насосные станции 1 подъема забирают воду из источника и подают ее на очистные сооружения или, если не требуется очистка воды, в аккумулирующие емкости (резервуары чистой воды, водонапорные башни, гидропневматические баки), а в некоторых случаях непосредственно в распределительную сеть. Характерной особенностью насосных станций 1 подъема является более или менее равномерная подача в течение суток.

Насосные станции 2 подъема подают воду потребителям из резервуаров чистой воды, которые позволяют регулировать подачу. Подача насосных станций 2 подъема в течение суток неравномерна. Ее по возможности приближают к графику водопотребления.

Повышающие насосные станции (станции подкачки) предназначены для повышения напора на участке сети или в водоводе. Они забирают воду не из резервуара, а из трубопроводов и поэтому не могут самостоятельно регулировать подачу.

Циркуляционные насосные станции входят в замкнутые системы технического водоснабжения промышленных предприятий.

Выбор насосов для водоснабжения дома

В частном доме главным звеном системы водоснабжения, безусловно, является насос. Его производительности должно хватать не только на подачу воды в дом, но и на поливку участка, наполнение бассейна и т. п. Есть множество разновидностей насосов.

СОВЕТ

Если глубина залегания воды не превышает 7 м, оптимальным выбором будет самовсасывающий насос.

Самовсасывающий насос может быть со встроенным эжектором и без него. **Насосы с эжектором** обеспечивают подъем воды за счет разряжения; **недостатком** является высокий уровень шума, поэтому такие насосы следует устанавливать в специальном помещении вне жилого здания.

СОВЕТ

Такие насосы лучше использовать только для поливки огорода.

Зато работа насоса без эжектора обеспечивается уникальной многоступенчатой конструкцией гидравлической части, благодаря которой работа этого насоса практически бесшумна.

Самовсасывающий насос бывает двух типов:

- с накопительным баком;
- с мембранным напорным баком.

Первый вариант нужно установить где-то в доме. Накопительный бак должен быть с датчиком, назначение которого:

- контролировать уровень воды;
- отключать насос, не допуская перенаполнения бака;
- включать его, когда уровень воды в баке будет ниже допустимого.

Здесь есть такие **недостатки**: так как вода из бака идет самотеком, давление воды на выходе невысокое; для установки нужно найти место на возвышенности и обеспечить трубную разводку от бака ко всем местам водопотребления воды в доме.

Главным недостатком является возможная опасность отказа датчика, отключающего насос в случае переполнения бака. Если система даст сбой, вы можете оказаться в залитом водой доме. Однако можно легко исключить эту проблему, установив в баке переливной патрубок.

Использование насоса в совокупности **с мембранным напорным баком**, а также с реле давления называют **насосной станцией**.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Мембранный бак *– герметичный металлический сосуд, который разделен пополам мембраной.*

Половина бака наполняется воздухом под давлением, а во вторую половину насос закачивает воду. Наполнение бака контролируется **специальным реле**.

Самовсасывающий насос с мембранным баком имеет такие **преимущества**:

- возможность использования водонагревательных приборов;
- мембранный бак можно установить в любом удобном месте;
- если отключат электроэнергию, вода сразу не пропадет, так как в баке есть накопленный резерв;
- насосная станция компактна и имеет небольшой вес.

СОВЕТ

Очень важно: на шланге, опускаемом в колодец, обязательно следует установить обратный клапан, который будет препятствовать сливу воды из станции назад в колодец в случае неисправности насоса.

Большинство из насосов имеют подачу от 4 до 8 м^3/ч, а максимальный напор достигает 55 м.

Если собираетесь использовать данную систему водоснабжения только в теплое время года, нужно подключить насос к электрической сети, а напорный патрубок — к сети водопроводной.

Если же вы живете в своем загородном доме постоянно и вам необходимо водоснабжение круглый год, надо установить насосную станцию в теплом помещении, а соединяющий колодец и дом трубопровод закопать в земле ниже уровня промерзания грунта.

Все, о чем было рассказано до этого момента, относится к тем случаям, когда глубина воды на вашем участке не более 7 м.

Если же уровень воды ниже 8 м, потребуется установка **погружного насоса** для колодца или скважины. По сравнению с насосной станцией это обойдется дороже.

ПРИМЕЧАНИЕ

Колодезный насос отличается от скважинного тем, что имеет так называемую «внутреннюю рубашку» охлаждения двигателя, которая увеличивает его диаметр, и, следовательно, колодец для этого насоса тоже должен быть большого диаметра.

Охлаждение же двигателя скважинного насоса обеспечивается потоком поднимаемой воды.

Если на участке отсутствует электроэнергия, то здесь поможет **ручной насос.** Условно такие насосы делятся на два вида:

- первый поднимает воду из глубины, не превышающей 7 м, обеспечивает ежеминутный подъем воды до 40 л и весят не более 20 кг;
- второй может поднимать воду из скважин глубиной до 30 м, имеет водоразборную колонку и весит около 25 кг.

А **дренажные насосы** нужны для откачки воды из подвалов и погребов после весеннего таяния снега или после обильных летней дождей. Используемые в быту дренажные насосы стоят относительно недорого, потребляют немного электроэнергии, а откачивать могут до 5 м^3/ч на высоту до 4 м.

Иногда дренажные насосы должны откачивать воду с илом и грязью, которые могут попасть в подвал с грунтовыми водами. Поэтому такие насосы укомплектованы специальным поплавком.

ONLINE ВИДЕО

Водяные насосы. Их виды и различия	*Типы насосов*	*Кавитационные характеристики насосов*
Шестеренный насос — устройство, принцип работы, применение	*Характеристики насосов, рабочая точка, принципы выбора насосов*	*Вихревые насосы. Устройство и принцип работы*

ГЛАВА 63

ПОГРУЖНЫЕ НАСОСЫ

Особенности погружных насосов

Погружные насосы работают при частичном или полном погружении корпуса насоса в воду, что требует надежную изоляцию от контакта оголенной проводки и управляющей электроники с водой. В конструкциях используются такие материалы, как нержавеющая сталь, различные «водостойкие» и прочные полимеры.

В погружных насосах электродвигатель — часть рабочей машины. Насос соединяют с электродвигателем через фланец.

ПРИМЕЧАНИЕ

Вода циркулирует в зазоре между статором и ротором и таким образом охлаждает машину.

Установка насоса в скважине

Погружные насосы применяют, например, для подъема воды из артезианских скважин. Схема установки насоса в скважине показана на **рис. 63.1**.

Учитывая жесткое ограничение площади основания, для создания высокого напора и хорошей производительности конструкторам приходится прибегать к сложным техническим решениям (пример — многоступенчатая система всасывания), что, естественно, приводит к удорожанию аппаратов.

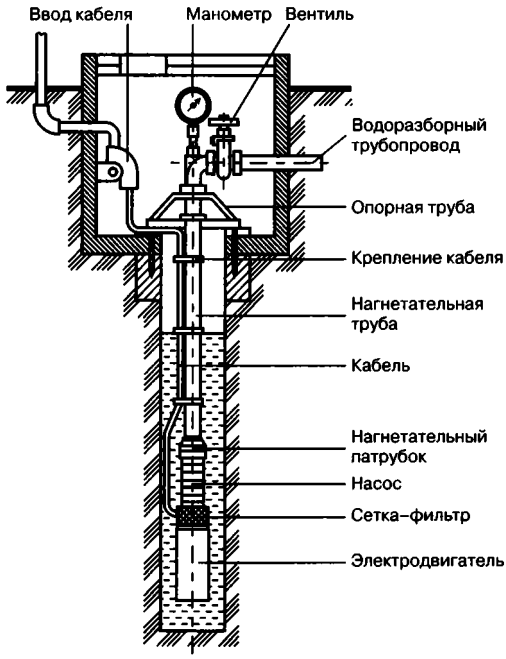


Рис. 63.1. *Схема установки погружного насоса в артезианской скважине*

ПРИМЕЧАНИЕ

К сожалению, ни с одним видом насосов не происходит столько отказов и выходов из строя, как с бытовыми погружными скважинными насосами.

Причина не в качестве оборудования, а в том, что проект и подбор осуществляют не профессиональные проектировщики, а сами владельцы частных домов или недостаточно квалифицированный персонал монтажных организаций.

ПРИМЕЧАНИЕ

Откуда, например, неспециалисту знать, что двигатель подобранного с большим запасом насоса может сгореть, если при монтаже и настройке системы не вывести насос в рабочий диапазон.

Определение параметров погружного насоса

Во всех случаях для правильного выбора насоса, прежде всего, необходимо определить его рабочие параметры — **расход (Q)** и **напор (H)**.

Требуемый расход воды определяется из суммарной производительности всех водоразборных точек объекта, с учетом вероятности их одновременного использования.

В упрощенном расчете можно пользоваться следующими **нормами водопотребления для сантехнических приборов**:

- умывальник — 60 л/ч;
- смывной бачок унитаза — 83 л/ч;
- кухонная мойка — 500 л/ч;
- душ — 500 л/ч;
- ванная — 300 л/ч;
- сауна или баня — 1000 л/ч.
- поливочный кран — 1080 л/ч.

ПРИМЕЧАНИЕ

Полив газонов и цветников требует 3–6 м^3 воды на 1 м^2, расход при этом зависит также от способа орошения и интенсивности полива.

Для расчета требуемого напора используется формула:

$$H_{тр} = H_{гео} + S + H_{своб},$$

где $\mathbf{H_{гео}}$ — высота ввода трубопровода в здании относительно динамического уровня воды в скважине (численное выражение динамического уровня должно обязательно присутствовать в паспорте скважины);

S — сумма потерь напора на трение в трубопроводе и местные сопротивления (арматура, фасонные детали, фильтры и т. д.);

$\mathbf{H_{своб}}$ — напор, который необходимо создать на вводе в здание, с расчетом обеспечения на самой удаленной и высоко расположенной водоразборной точке давления 0,5 атм.

ПРИМЕЧАНИЕ

Параметры скважины принципиально важны для пользователя, так как используются при расчете требуемого напора и рабочей характеристики выбираемого насоса.

В паспорте скважины буровиками должны быть указаны такие параметры:

- статический уровень;
- динамический уровень;
- дебит скважины.

Эти данные определяются экспериментально организацией, проводившей буровые работы. Очевидно, что результаты расчета окажутся

неверными, если при определении динамического уровня скважины использовался насос заведомо меньшей мощности, чем это потребуется для водоснабжения объекта в соответствии с запросам потребителя.

И хотя на быстрое получение официального паспорта артезианской скважины пользователю рассчитывать сложно (это государственный документ, требующий множества разрешений и согласований), необходимо требовать предоставления вместе с актом проведенных работ подробных данных по скважине.

В том числе необходимо осведомиться о мощности насоса, которым проводилась откачка воды при определении динамического уровня.

СОВЕТ

Заключая договор на буровые работы, следует обращать внимание на наличие лицензии у подрядчика.

Только серьезные фирмы всегда по окончании работ дают клиенту гарантию и подробный паспорт скважины, где четко прописаны все упомянутые характеристики, а также:

- диаметр обсадной колонны;
- перечень пройденных грунтов;
- сведения о пробной прокачке скважины;
- рекомендованная марка насоса;
- глубина его установки.

Параметры требуемых Q и H для дополнительного оборудования (джакузи, моечная машина, разбрызгиватели, «дождевалки» и т. д.) указываются производителями.

ПРИМЕЧАНИЕ

При установке водоочистных фильтров учитываются потери напора (обычно около 2 атм) и расход воды на их промывку. Для бассейна указывается только время его наполнения.

Расчет расхода воды

С учетом норм расхода воды получаем суммарный расход и напор потребителей:

$$Q_{сум} = 500 + 3 \times (60 + 83 + 500) + 1000 + 1000 + 2 \times 1060 \approx 6550\ л/ч = 6{,}55\ м^3/ч;$$

$$H_{тр} = 50 + 8 + 20 + 2 + 30 = 110\ м.$$

СОВЕТ

Ввиду невозможности и нецелесообразности использовать все водоразборные точки сразу, можно определить требуемый расход как 5 м³/ч. Подразумевается, что хозяева не будут одновременно с поливом территории из обоих кранов пользоваться баней и принимать ванную, мыться в душе и наполнять бассейн.

Мощностью 5 м³/ч обеспечивается достаточный расход для кухни, одного санузла и полива. Для обеспечения давления на поливочные установки и гидромассаж дешевле использовать отдельные насосы. Это позволит не держать под высоким давлением весь водопровод и сделает работу погружного насоса более стабильной, а систему гибкой и независимой.

ПРИМЕЧАНИЕ

С помощью дополнительного насоса всегда можно получить высокое давление в любой точке разбора. Бассейн будет наполняться ночью.

При этом с помощью задвижки на оголовке следует «задросселировать» насос (создать дополнительное сопротивление), чтобы при работе по заполнению бассейна подача не превышала допустимой — 6,5 м³/ч.

Ошибки выбора насоса заказчиком

Самостоятельный выбор насоса заказчиком, предъявляющим завышенные требования по расходу и напору, часто приводит к выбору насоса слишком большой мощности. Как уже говорилось, при установке модели завышенной мощности возможны осложнения.

Во-первых, так как при подобном выборе номинальная подача значительно превышает средние потребности по воде, насос будет работать в режиме частых включений/отключений.

ПРИМЕЧАНИЕ

Фирмы-изготовители допускают до 30 включений насоса в час, но только в течение одного часа в сутки, при общем ограничении — 60 циклов за день.

В любом случае частые включения негативно сказываются на ресурсе работы электродвигателя и пусковой автоматики. Для избегания этого потребуется установка **мембранного бака** большого объема.

Во-вторых, при завышенной мощности насоса, как следствие, будет завышено и давление воды на вводе в дом.

ВНИМАНИЕ

В момент пуска такого насоса неминуемо будут возникать сильные гидравлические удары.

Некоторая арматура может быть просто не рассчитана на такое давление (посудомоечные и стиральные машины, смесители), потребуется дополнительная установка редукторов давления для снижения напора.

В-третьих, во время наполнения бассейна, насос будет работать на «открытую трубу», не создавая при этом давления. В таких условиях наблюдается большой расход воды при минимальном давлении.

ВНИМАНИЕ

Мощность на валу будет максимальной, и при длительной работе в таком режиме двигатель выйдет из строя.

В-четвертых, следствием применения насоса с завышенной мощностью будет **общее удорожание** всей системы, вызванное применением более мощной электротехнической аппаратуры, материалов и арматуры с большим допустимым рабочим давлением, увеличением диаметров трубопровода и скважины, а также удорожанием водоочистки.

В-пятых, если номинальная подача насоса превышает дебит скважины, необходима установка дополнительной защиты по «сухому ходу». Дросселирование и настройка насоса приведут к перерасходу электроэнергии. Иначе говоря, при обеспечении возможности одновременного использования всех водоразборных точек посредством установки насоса завышенной мощности, стоимость системы водоснабжения возрастает. При этом реальное водопотребление будет значительно меньшим.

ВЫВОД

Дешевле и правильнее выбирать насос с учетом реальных потребностей и при помощи специалистов. Поэтому конечный выбор всегда останется за заказчиком.

Удовлетворить требования пользователя к системе водоснабжения при соблюдении правил ее монтажа и эксплуатации можно, избрав оптимальный в данной ситуации насос с пологой рабочей характеристикой.

Монтаж насоса и ввод в эксплуатацию

В любом случае, какой бы насос не был выбран, при монтаже необходимо выверить его рабочую точку во всех возможных режимах работы.

При вводе в эксплуатацию следует замерить:

- подаваемый расход (определяется по скорости заполнения любой емкости известного объема, например бочки);
- создаваемое давление (по показанию манометра на оголовке);
- потребляемый при этом ток (замеряется токовыми щипцами).

Полученные характеристики сверяются с паспортными данными насоса по каталогу.

При превышении рабочих параметров (как правило, некоторый запас мощности предусматривается, например, для последующей установки фильтров) необходимо прикрыть задвижку на выходе из скважины, создать дополнительное местное сопротивление, достаточное для установления правильной рабочей точки, — середина характеристики Q (H).

ПРИМЕЧАНИЕ

Монтаж, как и выбор насоса, должны осуществлять подготовленные специалисты, монтажная компания должна иметь лицензию на установку данного оборудования.

Преимущества и недостатки погружных насосов

Главное и неоспоримое **преимущество** погружных насосов (в особенности, скважинных насосов) — недостигаемая для других видов насосного оборудования глубина забора воды.

Другие «плюсы» центробежных погружных насосов – простота в установке, компактность, бесшумность.

К **недостаткам** погружных насосов относится более высокая степень сложности обслуживания, по сравнению с поверхностными насосами. Для проведения профилактических и ремонтных работ погружной насос требуется поднимать из колодца (скважины) и производить сложный процесс разборки-сборки герметичного корпуса.

СОВЕТ

Для уменьшения вероятности выхода из строя скважинного насоса либо любого другого центробежного погружного насоса следует выбирать только ту модель, которая подходит под данные условия эксплуатации.

ONLINE ВИДЕО

Как работают погружные насосы?	*Как выбрать насос для колодца?*	*Насос для скважины*
Как выбрать погружной насос	*Насос для повышения давления воды*	*Ремонт погружного насоса Водолей БЦПЭ*

ГЛАВА 64

РЕМОНТ НАСОСОВ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА

Ремонтные циклы

Многие солидные предприятия для своей продукции определяют ремонтные циклы, которые включают в себя начало эксплуатации **(Н)**, текущий, средний и капитальный ремонты **(ТР, СР и КР соответственно)**, и списание **(Сп)** — исключение насоса из производственного процесса.

Для каждого вида насосов характерен свой, индивидуальный цикл ремонтно-восстановительных работ. Например, для консольных насосов К, 1К, 2К, этот цикл схематически выглядит так: **Н-ТР-ТР-СР-ТР-ТР-СП.** Из данной схемы видно, что насос данного типа после двух текущих ремонтов нуждается в среднем, после чего агрегат способен «продержаться» благодаря еще двум текущим ремонта, после чего подлежит списанию. Такой же цикл характерен и для фекальных насосов.

Погружные и артезианские насосы менее «живучи»: их ремонтный цикл после пуска предусматривает два капитальных ремонта, а затем — списание.

Способы определения неисправностей

Техническое состояние насосной установки можно определить:

- визуально;
- с помощью измерительных инструментов и приборов;
- с помощью физических методов контроля и технического диагностирования.

Простейший способ проверки технического состояния оборудования — **внешний осмотр оборудования**.

Методы контроля применяют, главным образом, для определения трещин в деталях. Для полного выявления трещин, обнаруженных при визуальном осмотре поверхностей деталей, используют керосин. Проверяемую поверхность детали после очистки обильно смачивают керосином, затем через 10—20 мин ее насухо протирают и покрывают тонким слоем мела, разведенным летучим растворителем. После испарения растворителя выступающий из трещин керосин окрашивает мел и четко вырисовывает контуры трещины.

Особое место занимают проверки и испытания, выполняемые для определения технологического состояния насосной установки в целом. Эти испытания проводят на эксплуатационном или специальном режимах для проверки различных показателей работы установки:

- КПД;
- производительности;
- наличия отложений на теплообменных поверхностях рубашек, цилиндров и холодильников;
- наличия утечек через сальники и поршневые кольца;
- плотности всасывающих и нагнетательных клапанов;
- уровня вибрации сборочных единиц и пульсации газа в трубопроводах.

Испытания и проверки проводят как непосредственно до и после ремонта, так и в любые другие моменты эксплуатации. Испытания перед ремонтом позволяют уточнить дефектную ведомость на предстоящий **ремонт** на основании выявленного технического состояния оборудования.

Назначения и виды ремонтов

В процессе эксплуатации происходит постепенный износ деталей под влиянием механических, тепловых и коррозионных воздействий: изменяются форма детали, размер, увеличиваются зазоры между поверхностями деталей.

При нарушении правил технической эксплуатации износ становится интенсивным и может вывести оборудование из строя. Интенсивный износ может происходить и из-за недостатков в конструкции деталей, из-за дефектов материалов, низкого качества изготовления и сборки оборудования.

Чтобы поддерживать оборудование в работоспособном состоянии, нужно осуществить ряд предупредительных ремонтов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

***Ремонт** – комплекс организационных и технических мероприятий, обеспечивающих работоспособность оборудования в процессе эксплуатации.*

Все ремонты заранее планируют, их цель — предупредить появление неисправностей, которые могут привести к остановке оборудования.

Система ППР предусматривает следующие виды ремонтов:

- текущий;
- средний;
- капитальный.

График ППР составляют на основе научно обоснованных норм межремонтного пробега каждого вида насосов и компрессоров с учетом сложности конструкции, интенсивности эксплуатации и свойств рабочей среды. В графике указывают время проведения и вид ремонта. Графики ремонта оборудования цеха согласовывают с графиком ремонтов цехов смежников и планом производства. График составляет механик цеха и утверждает главный инженер предприятия.

Для каждого вида ремонта разрабатывают перечень работ и технологическую карту их выполнения.

Текущий ремонт заключается в проверке крепежных деталей, притирке клапанов, набивке сальников, проверке маслопроводов, масленок, картеров, масляных ванн, редукторов, различных уплотнений вспомогательного оборудования, зазоров, технического состояния поверхностей деталей и т. п. Работы по текущему ремонту выполняет ремонтный персонал цеха.

Капитальный ремонт выполняют при предельном износе основных деталей главного и вспомогательного оборудования, цилиндров, поршней, крейцкопфов, работа которых не может гарантировать безаварийную работу. При капитальном ремонте полностью разбирают оборудование, предварительно сняв его с фундамента, восстанавливают или заменяют непригодные детали и сборочные единицы оборудования.

Восстановительный ремонт. Кроме ремонтов, включенных в систему ППР, есть ремонты восстановительные для ликвидации последствий аварий оборудования и реконструкционные, при которых проводят работы по модернизации оборудования. Обычно реконструкционный ремонт совмещают с очередным плановым ремонтом.

В течение рабочей смены обслуживающий персонал установки проводит техническое обслуживание оборудования, а примерно через 200—300 ч работы — плановый осмотр, при котором устраняют неисправности, не требующие разборки и длительной остановки оборудования.

Система ППР в химической промышленности, кроме межремонтного технического обслуживания, предусматривает два вида ремонта: текущий и капитальный. Для некоторых видов сложного оборудования проводят текущий ремонт увеличенного объема или дополнительный капитальный ремонт уменьшенного объема. В соответствии с этим составляют график и перечень ремонтных работ по каждому виду ремонта.

Проверки и испытания выполняются для определения технологического состояния насосной установки в целом. Испытания и проверки проводят как непосредственно до и после ремонта, так и в любые другие моменты эксплуатации. Испытания перед ремонтом позволяют уточнить дефектную ведомость на предстоящий ремонт на основании выявленного технического состояния оборудования.

В настоящее время популярны методы с использованием средств измерения и специальной аппаратуры, заключающиеся в снятии и сравнении характеристик оборудования с эталонными. Это дает возможность определить техническое состояние сборочных единиц (кинематических пар, клапанов, поршневых колец и др.) без разборки.

Подготовка оборудования к ремонту. Перед сдачей в ремонт компрессорные и насосные установки останавливают в определенной последовательности, изложенной в производственной инструкции.

В процессе остановки необходимо освободить насос от перекачиваемой жидкости, удалить из него взрывоопасные вещества. Для этого насосные установки промывают растворами, нейтрализующими перекачиваемый продукт, а затем пропаривают.

Перед сдачей в ремонт необходимо:

- отключить установки от действующих коллекторов;
- полностью снять избыточное давление в насосе и межступенчатой аппаратуре;
- полностью снять напряжение в электрооборудовании;
- отключить его от системы электроснабжения;
- установить заглушки на всасывающей и нагнетательной линиях.

Оператор должен также проверить данные анализа, подтверждающие качество продувки, или промывки машины и межступенчатой аппаратуры, наличие на пусковом устройстве плаката «Не включать — работают люди!».

Сдачу установки в ремонт оформляют актом, содержащим торговую марку, цеховой номер насоса, наименование организации, подразделения, должность и фамилию представителя, подписывающего акт, наименование эксплуатационной службы, должность и фамилию ее представителей, номер паспорта (формуляра) сдаваемого в ремонт оборудования, число дней с начала эксплуатации и с момента последнего ремонта, дату приемки в ремонт.

ONLINE ВИДЕО

Ремонт центробежного насоса для откачки грунтовых вод	*Подготовка насоса к ремонту и приемка насосов из ремонта*	*Не запускается насос? Есть решение!*
Технология ремонта шестеренных насосов (часть 1)	*Технология ремонта шестеренных насосов (часть 2)*	*Порядок разборки насосов серии TF (TF3)*

ГЛАВА 65

РЕМОНТ НАСОСОВ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

Причины выхода из строя насоса

Причина 1. «Сухой ход» (иными словами, работа при отсутствии воды). Она ведет к перегреву двигателя, поскольку перекачиваемая среда, как правило, выполняет еще и охлаждающую функцию. Кроме того, работа «всухую» вредна для уплотнителей, которые обычно «смазываются» жидкостью в процессе ее перекачки.

Причина 2. Гидравлический удар. Он происходит при включении «сухого» насоса. При этом закачиваемая в него жидкость ощутимо бьет по лопастям крыльчатки и может повредить их. Попадание воздушного пузыря в водозаборный шланг во время работы также сопровождается гидравлическим ударом.

ВНИМАНИЕ

Рабочий объем большинства поверхностных бытовых насосов перед началом работы необходимо вручную наполнить водой.

Причина 3. Замерзание жидкости в корпусе. Оно недопустимо, так как это может серьезно повредить аппарат.

ВНИМАНИЕ

Если насос находится в том месте, где температура окружающей среды опускается ниже нуля градусов Цельсия (например, остается зимовать в неотапливаемом помещении), всю воду из него надо слить.

Причина 4. Превышение максимально допустимой температуры перекачиваемой среды. Оно не столь пагубно действует на насос, как «сухой ход», но «симптомы» те же: при высокой температуре воды теплоотдача происходит медленнее, и двигатель перегревается.

Диагностика неисправностей насосов и способы устранения

Причина	Устранение
Кавитация	
Забита вентиляционная труба (или ее диаметр слишком мал) при высокой температуре перекачиваемой жидкости.	Прочистить или установить новую трубу большего диаметра.
Длинный всасывающий трубопровод для насосов при монтаже «Сухая установка».	Подобрать другой подходящий насос.
Частицы воздуха или газа в перекачиваемой жидкости.	• Обеспечить глубокое погружение насоса в воду. • Установить отбойные щитки с целью исключить попадания струи воды на участок вблизи насоса.
Забит или зашлакован подводящий трубопровод.	• Очистить подводящий трубопровод насоса или шахту; • Очистить гидравлическую часть насоса.
Высокая температура перекачиваемой жидкости.	Подобрать другой насос.
Насос работает в правой части характеристики.	• Подобрать другой насос. • Повысить сопротивление на напорном трубопроводе путем установки искусственных сопротивлений таких, как дополнительные колена, трубопровод малого диаметра.
Насос не развивает необходимой мощности (H, Q)	
Неверное направление вращения насоса (только для 3-фазных насосов).	Для установки правильного направления поменять местами две фазы (жилы кабеля питания насоса).
Повреждение рабочего колеса по причине его абразивного износа и коррозии.	Заменить поврежденные детали (например, ржавое рабочее колесо).
Забита подающая линия насоса или рабочее колесо.	Очистить их.
Забился или заклинил обратный клапан.	Очистить клапан.
Не полностью открыта задвижка на напорном трубопроводе.	Полностью открыть задвижку.
Частицы воздуха или газа в перекачиваемой жидкости.	Обеспечить глубокое погружение насоса в воду или установить отбойные щитки с целью исключить попадания струи воды на участок вблизи насоса.
Забита вентиляционная труба.	Проверить и при необходимости прочистить.
Прибор управления подает сигнал превышения тока	
Падение напряжения в сети.	Проверить напряжение в сети.
Слишком высокая вязкость перекачиваемой жидкости, что вызывает перегрузку мотора.	Установить рабочее колесо меньшего диаметра или другой мотор.
Работа насоса в правой части характеристики.	Ограничить производительность насоса с помощью запорной арматуры на напорном трубопроводе.

Причина	Устранение
Слишком сильное повышение температуры мотора.	Проверить количество запусков и остановок и при необходимости ограничить прибором управления через настройку частоты включений.
Неверное направление вращения насоса (только для 3-фазных моторов).	Для установки правильного направления поменять местами две фазы (жилы кабеля питания насоса).
Выпадение одной из фаз.	Проверить контакты подключения кабеля, а при необходимости — заменить неисправные предохранители.
Насос и напорный трубопровод забиваются отложениями	
Образование отложений происходит при пониженной подаче по причине снижения скорости жидкости.	Проверить рабочую точку насоса и диаметр трубопровода на их соответствие скорости жидкости.
Слишком частое включение для перекачки небольших объемов.	Произвести перерасчет высоты уровня жидкости для включения насоса (увеличить объем перекачки за один цикл работы насоса), при необходимости увеличить быстродействие на приборе управления.
Возникают гидравлические удары. Каким образом их можно избежать/уменьшить?	
Перемещение большого объема жидкости через небольшое сечение трубы в момент запуска насоса.	Проверить рабочую точку насоса и диаметр трубопровода на предмет их соответствия скорости жидкости.
Образование воздушных пробок в трубопроводе.	Установить вентиляционные и воздухоспускные клапана за обратным клапаном или в верхних точках трубопровода.
Быстрый выход насоса на режим.	Заменить 2-полюсный мотор на 4-полюсный или использовать устройство плавного пуска/преобразователь частоты.
Запуск насоса производится очень часто.	Настроить быстродействие на приборе управления.
На некоторых участках трубопровода установлена быстрозапорная арматура.	Заменить арматуру на обычную.
Шумит обратный клапан. Как устранить/ослабить шумовой эффект?	
Клапан слишком медленно закрывается и после выключения насоса ударяет по посадочному гнезду.	Заменить на быстрозапорный клапан, использовать клапан с резиновым уплотнением, с плавающим шаром, настроить быстродействие на приборе управления.
Насос/установка слишком громко работает	
Неверное направление вращения насоса (только для 3-фазных моторов).	Для установки правильного направления поменять местами две фазы (жилы кабеля питания насоса).
Повреждение рабочего колеса по причине его абразивного износа и коррозии.	Заменить поврежденные детали (например, ржавое рабочее колесо).
Забита подающая линия насоса или его рабочее колесо.	Очистить их.
Забита вентиляционная труба.	Проверить и при необходимости прочистить.
Слишком низкий уровень жидкости в резервуаре.	Проверить указатель уровня и при необходимости перенастроить.
Причина звуков — колебания трубопроводов.	Проверить эластичные соединения и прочно закрепить трубопроводы анкерами, проверить вводы труб через стену.
Работу насоса в шахте слышно даже в здании.	звукоизолировать шахту отот здания; установить звукоизоляционные перегородки в прямых жестких каналах, соединяющих дом и шахту.
Установку слышно по всему зданию.	Заизолировать установку от пола/стены, заизолировать прокладки.

ONLINE ВИДЕО

Ремонт скважинного насоса своими руками за 5 минут. Unipump ECO VINT 1, 2. Как разобрать насос	*Ремонт погружного водяного насоса*	*Ремонт дренажного насоса.*
Ремонт насосной станции. Замена торцевого уплотнения (сальника)	*Ремонт дренажного насоса Джилекс (замена конденсатора)*	*Насос «Ручеек-1». Ремонт насоса*
Дефектовка насоса Водолей. Разборка, чистка, сборка и ремонт погружного насоса	*ТОП-8 поломок скважинного насоса*	*Насос глубиный гудит, но не качает воду sprut 4skm100*
Винтовой насос для скважины и песок	*Ремонт погружного насоса! Вихрь ДН-400! Своими руками!*	*Вибрационный насос: ремонт и регулировка.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акимова Н. А. и др. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования. — М.: Мастерство. — 2002. — 296 с.

Алиев И. И. Электротехнический справочник. — М.: Радиософт. — 2002. — 384 с.

Алиев И. И., Казанский С. Б. Кабельные изделия. — М.: Радиософт. — 2002. — 224 с.

Альтгаузен А. Л., Ласточкин С. А. Кондиционеры и климатические системы легковых автомобилей. — СПб.: Алфамер Паблишинг. — 2002. — 128 с.

Антипов А. В., Дубровин И. А. Диагностика и ремонт бытовых кондиционеров. — М.: Academia. — 2007. — 80 с.

Баран А. Н., Ворона Г. Ю. Электричество в доме и на даче. — Минск. — Элайда. — 1999. — 224 с.

Бартош А.И. Электрика для любознательных. — 2е изд. — СПб.: Наука и Техника. — 2024. — 272 с.

Березин О. К., Костиков В. Г., Шахнов В. А. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. — М.: Горячая линия-Телеком. — 2000. — 400 с.

Беркович М. А. и др. Основы техники релейной защиты. М.: Энергоатомиздат. — 1984. — 376 с.

Бородин В., Лихачев С. Бытовые стиральные машины. — СПб: BHV. — 1998. — 224 с.

Бредихин А. Н., Хачатрян С. С. Справочник молодого электромонтажника распределительных устройств и подстанций. — М.: Высшая школа. — 1989. — 160 с.

Ванюшин М. Б. Электротехника для любознательных. — СПб.: Наука и Техника. — 2017. — 320 с.

Ванюшин М.Б. Занимательная электроника и электротехника для начинающих и не только... Книга + виртуальный диск. — изд. 2-е, перераб. и доп. — СПб.: Наука и Техника. — 2017. — 352 с.

Ванюшин М.Б., Штерн М.И. Электротехника. От азов до создания практических устройств. — СПб.: Наука и Техника. — 2021. — 544 с.

Варламов Р. Г. Современные источники питания. — М.: ДМК-Пресс. — 2001. — 192 с.

Гедзберг Ю. М. Блоки питания отечественных и зарубежных телевизоров. — М.: Горячая линия-Телеком. — 2000. — 140 с.

Гельман Р.Е. Магнитные пускатели. — М.-Л.: Энергия. — 1966. — 64 с. с черт. (Б-ка электромонтера, Вып. 194).

Гемке Р. Г. Неисправности электрических машин. — Л.: Энергия. — 1975. — 296 с.

Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. — СПб.: Наука и Техника. — 2014. — 320 с.

ГОСТ 30339-95/ГОСТ Р 50669-94. Межгосударственный стандарт. Электроснабжение и электробезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения. Технические требования.

ГОСТ Р 50030.1-2007 Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1. Общие требования (МЭК 60947-1:2004)

ГОСТ Р 51628-2000. Государственный стандарт Российской Федерации. Щитки распределительные для жилых зданий. Общие технические условия. доп. — М.: Высшая школа. — 1987. — 160 с.

Грундулис А.О. Защита электродвигателей в сельском хозяйстве. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1988. — 112 с.: ил.

Гурин Н. А., Янукович Г. И. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. Дипломное проектирование. Учеб. пособие. — Мн.: Высшая школа. — 1990. — 238 с.

Гусев В. И., Ставрупов Г. М. Электромонтажные работы. — М.: Просвещение. — 1986. — 208 с.

Джейнкокс Дж. Руководство по поиску неисправностей в электронной аппаратуре. — М.: Мир. — 1989. — 176 с.

Доссат Р. Дж., Хоран Т. Дж. Основы холодильной техники. — М.: Техносфера. — 2008. — 824 с.

Дренов П. В. Справочник по ремонту электрических машин. — К.: Техника. — 1961. — 356 с.

Дубровин И. А., Антипов А. В. Диагностика и ремонт бытовых холодильников. — М.: Academia. — 2007. — 80 с.

Ермолаев И.Н. Магнитные пускатели переменного тока. — М.-Л.: Госэнергоиздат. — 1961. — 64 с. с черт. (Б-ка электромонтера. Вып. 43).

Заграничный С. Ф., Маньков В. Д. Защитное заземление и защитное зануление электроустановок. — М: Политехника. — 2005. — 400 с.

Заплатинский В. И., Кортын Г. Д. Пособие по ремонту электробытовой техники. — Л.: Лениздат. — 1989. — 208 с.

Зевин М. Б. Соколов В. Г. Справочное пособие молодого рабочего по надежности электроустановок. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа. — 1987. — 160 с.

Камразе А. Н., Фитерман М. Я. Контрольно-измерительные приборы и автоматика. — Л.: Химия. — 1988. — 226 с.

Касаткин А. С. Основы электротехники. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа. — 1982. — 288 с.

Киреев М. Видеомагнитофоны фирмы Panasonic. Ремонт и доработка импульсных источников питания. Ремонт и Сервис. — 2001. — №6.

Кисаримов Р. А. Практическая автоматика. — М.: Радиософт. — 2004. — 192 с.

Кисаримов Р. А. Ремонт электрооборудования. — М.: Радиософт. — 2006. — 542 с.

Кисаримов Р. А. Справочник электрика. — М.: Радиософт. — 2007. — 512 с.

Кокорев А. С. Справочник молодого обмотчика электрических машин. — М.: Высшая школа,1985. — 208 с.

Коляда В. Кондиционеры. Принцип работы, монтаж и установка, эксплуатация и ремонт кондиционеров воздуха: General Electric, Samsung, Rolsen, Daikin, Sanyo, LG. Серия «РЕМОНТ», выпуск №65. — Солон-Р. — 2002. — 240 с.

Коляда В. Современные стиральные машины. — М.: Солон-Р. — 2001. — 192 с.

Коротков Г. С., Членов М. Я. Ремонт электрообрудования и аппаратуры распределительных устройств. — М.: Высшая школа. — 1984. — 288 с.

Корякин-Черняк С. Л. и др. Справочник электрика для профи и не только... Современные технологии XXI века — СПб.: Наука и Техника. — 2013. — 576 с.

Корякин-Черняк С. Л. и др. Электротехнический справочник. — СПб.: Наука и Техника. — 2009. — 464 с.

Корякин-Черняк С. Л. и др. Электротехнический справочник. Практическое применение современных технологий. — СПб.: Наука и Техника. — 2014. — 592 с.

Корякин-Черняк С. Л. Справочник домашнего электрика. — СПб.: Наука и Техника. — 2004. — 478 с.

Корякин-Черняк С. Л. Стиральные машины от А до Я. — М.: Солон-Пресс и К: НіТ. — 2005. — 296 с.

Корякин-Черняк С. Л. Холодильники. Справочник. — СПб: Наука и Техника. — 2002. — 432 с.

Корякин-Черняк С. Л., Партала О. Н. Справочник электрика для профи и не только. — СПб.: Наука и Техника. — 2008. — 592 с.

Краснов Ю. С., Борисоглебская А. П., Антипов А. В. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям и наладке. — М.: ТермоКул. — 2004. — 368 с.

Краснопольский А. Е. и др. Пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп. — М.: Энергоатомиздат. — 1988. — 208 с.

Кучеров Д. П. Источники питания ПК и периферии. — СПб.: Наука и Техника. — 2002. — 352 с.

Лебедев А. И. Анатомия стиральных машин. — М.: Солон-Пресс. — 2008. — 120 с.

Левадный В. С. Электрооснащение дома и участка. — М.: Аделант. — 2001. — 192 с.

Лепаев Д. А. Справочник слесаря по ремонту бытовых электроприборов и машин. — М.: Легкая промышленность. — 1986. — 120 с.

Лепаев Д. А., Коляда В. В. Ремонт холодильников. — М.: Солон-Пресс. — 2004. — 432 с.

Липкин Б. Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок, 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа. — 1990. — 366 с.

Лихачев В. Л. Электротехника. Справочник. Том 1. — М.: Солон-Пресс. — 2003. — 560 с.

Лихачев В. Л. Электротехника. Справочник. Том 2. — М.: Солон-Пресс. — 2003. — 560 с.

Мандыч. Н. К. Ремонт электродвигателей. Пособие электромонтеру. — К.: Техника. — 1989. — 152 с.

Миловзоров В. П. Электромагнитная техника, изд. 2-е. — М.: Высшая школа. — 1966 — 480 с.

Минскер Е. Г., Дымков А. М., Силич И. В. Электромонтер-обмотчик по ремонту трансформаторов. — М.: Высшая школа. — 1979. — 112 с.

Михайлов В.Е. Современная электросеть. — СПб.: Наука и Техника. — 2013. — 256 с.

Михайлов О. П., Стоколов В. Е. Электрические аппараты и средства автоматизации. Учебник для вузов. — М.: Машиностроение. — 1982. — 184 с.

Могузов В. Ф. Обслуживание силовых трансформаторов. — М.: 1991. — 192 с.

Монаков В. К. АстроУЗО. Теория и практика. — М.: Энергосервис. — 2007. — 368 с.

Монаков В. К. УЗО. Теория и практика. — М.: Энергосервис. — 2007. — 368 с.

Монаков В. К. Устройства защитного отключения (УЗО): Учеб.-справ. пособие. — М.: Энергосервис. — 2005. — 368 с. 25.

Монаков В. К. Устройства защитного отключения (УЗО): Учеб.-справ. пособие. — М.: Энергосервис. — 2005. — 368 с.

Монаков В. К. Учебно-справочное пособие «УЗО» — М.: Энергосервис. — 2003. — 232 с.

Мусин А.М. Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты. — М.: Колос.— 1979. — 112 с., ил. (Б-ка сельского электрика).

Назаров В. И., Рыженко В. И. Бытовые и автомобильные кондиционеры. — М.: Оникс. — 2006. — 96 с.

Национальный стандарт Российской Федерации. Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1.

Новодворец Л. А. Проверка, регулировка, настройка контакторов переменного тока. — М: Энергия. — 1979. — 96 с., ил. — (Б-ка электромонтера. Вып. 489).

Новодворец Л.А. Регулировка и настройка магнитных пускателей переменного тока. — М.: Энергия. — 1974. — 88 с. с ил. (Б-ка электромонтера. Вып. 395).

Партала О. Н. Радиокомпоненты и материалы. — К.: Радиоаматор. — 1998. — 720 с.

Партала О. Н. Справочник по ремонту электрооборудования. Книга + CD. — СПб.: Наука и Техника. —2010. — 416 с.: ил.

Паспорт: реле контроля трехфазного напряжения ЕЛ-11Е, ЕЛ-12Е, ЕЛ-13Е. ТУ 3425-007-49874443-07

Пестриков В. М. Домашний электрик и не только... Книги 1 и 2. СПб.: Наука и Техника. — 2002. — 224 с.

Петросов С. П. Смоляниченко В. А. Левкин В. В. Ремонт и обслуживание бытовых машин и приборов. — М.: Academia. — 2003. — 320 с.

Петросов С. П., Алехин С. Н., Кожемяченко А. В. Диагностика и сервис бытовых машин и приборов. — М.: Academia. — 2003. — 320 с.

Правила Устройства Электроустановок (ПУЭ) — 7-е изд. — 2016-28. Рекомендации по применению, монтажу и эксплуатации электроустановок зданий при применении устройств защитного отключения. — М.: НМЦ ПЭУ МЭИ. — 2000. — 160 с.

Рекомендации по применению, монтажу и эксплуатации электроустановок зданий при применении устройств защитного отключения. — М.: НМЦ ПЭУ МЭИ. — 2000. — 160 с.

Родштейн Л. А. Электрические аппараты: Учебник для техникумов. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение. — 1989. — 304 с.

Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций, 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат. — 1987. — 648 с.

Сапунов Г. С. Ремонт микроволновых печей. — М.: Солон-Пресс. — 2003. — 272 с.

Саулов А. Ю. Современные микроволновые печи. — М.: Солон-Пресс. — 2009. — 188 с.

Сидоров И. Н. Электроника дома и в саду. — М.: ИП Радиософт. — 2001. — 144 с.

Сидоров И. Н., Скорняков С. В. Трансформаторы бытовой электронной аппаратуры. — М.: Радио и связь. — 1994. — 320 с.

Синякович С. Г. Выбор и эксплуатация электроинструмента. — М.: Харвест. — 2003. — 160 с.

Скляр Д. Ремонт автомобилей для «чайников». — М.: Диалектика. — 2008. — 512 с.

Скоробогатов Н.А. Современные стиральные машины и моющие средства. — СПб.: БХВ-Петербург. — Арлит. — 2001. — 240 с.

Сливинская А. Г. Электромагниты и постоянные магниты. Учебное пособие по курсу Электрические аппараты. М.: — Энергия. — 1972. — 248 с.

Соснин Д. А., Яковлев В. Ф. Новейшие автомобильные электронные системы. — М.: Солон. — 2005. — 320 с.

Таев И. С. Электрические аппараты управления. — М.: Высшая школа. — 1984 г. — 256 с.

Таев И. С. Электрические аппараты. Общая теория. М.: Энергия. — 1977. — 272 с.

Тарнижевский М. В., Афанасьева Е. И. Экономия энергии в электроустановках предприятий жилищно-коммунального хозяйства. — М.: Стройиздат. — 1989. — 276 с.

Титаренко Ю. Лабораторные источники питания. — М.: Компоненты и технологии. — 2004. — №5.

Тихомиров П. М. Расчет трансформаторов. Учебное пособие для вузов. — М.: «Энергия». — 1976. — 544 с.

Томас Р. К. Коммутационные устройства. Справочник. — М.: Радио и связь. 1989. — 144 с.

Тюнин Н. А. Современные холодильники. — М.: Солон-Пресс. — 2008. — 96 с.

Тюнин Н. А., Родин А. В. Ремонт бытовой техники. — М.: Солон-Пресс. — 2005. — 119 с.

Тюнин Н. А., Родин А. В. Электронные модули стиральных машин. — М.: Солон-пресс. — 2009. — 118 с.

Фишер Э., Гетланд Х. Б. Электроника — от теории к практике. — М.: Энергия. — 1980. — 400 с.

Фишман Б. Е. Ремонт, наладка, испытания бытовых электроприборов: Учеб. для техникумов. — М.: Легпромбытиздат. — 1991. — 240 с.

Фолконберри Л. М. Справочное пособие по ремонту электрических и электронных систем. — М.: Энергоатомиздат. — 1989. — 416 с.

Харечко В. Н., Харечко Ю. В. Автоматические выключатели модульного исполнения. Справочник. М.: ООО Сименс. — 2002. — 112 с.

Харечко В. Н., Харечко Ю. В. Устройства защитного отключения. — М: МИЭЭ. — 2006. — 240 с.

Чунихин А. А. Электрические аппараты. — 3-е изд. перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат. — 1988. — 720 с.

Шмаков С.Б. Профессиональные советы домашнему электрику. — СПб.: Наука и Техника. — 2014. — 400 с. + цв. вкл. 8 с.

Шопен Л. В. Бесконтактные электрические аппараты автоматики. М.: Энергия. — 1976. — 586 с.

Штерн М.И. Современная электросеть. Новые технические решения. Книга + видеокурс на DVD. — СПб.: Наука и Техника. — 2019. — 272 с.

Штерн М.И. Современная электросеть. Практикум электрика. Книга-видеокурс на DVD. — СПб.: Наука и Техника. — 2019. — 272 с.

Штерн М.И. Современная электросеть. Управление силовыми нагрузками, освещением и не только... Книга + видеокурс на DVD. — СПб.: Наука и Техника. — 2020. — 272 с.

Штерн М.И. Справочник по ремонту электрооборудования с онлайн ресурсами через QR-коды. — СПб.: Издательство Наука и Техника. — 2024. — 560 с.

Штерн М.И. Справочник электрика с онлайн ресурсами через QR-коды. — СПб.: Издательство Наука и Техника. — 2024. — 560 с.

Штерн М.И. Электрика. От азов до создания практических устройств. — СПб.: Издательство Наука и Техника. — 2023. — 528 с.

Штерн М.И. Электротехнический справочник с онлайн ресурсами через QR-коды. — СПб.: Издательство Наука и Техника. — 2023. — 560 с.

Электромеханические аппараты автоматики: Учеб. для вузов по спец. «Электрические аппараты»/*Б.К. Буль, О.Б. Буль, В.А. Азанов, В.Н. Шоффа.* — М.: Высшая школа. — 1988. — 304 с.

Электронный электротехнический журнал «Я электрик!» — http://electrolibrary.info/electrik.htm.

Издательство «Наука и Техника» выпускает книги более 25 лет!

Уважаемые авторы!

Приглашаем к сотрудничеству по созданию книг
по **IT-технологиям, электронике, электротехнике, медицине, педагогике.**

Наши преимущества:

- являемся одним из ведущих технических издательств страны;
- выпускаем книги большими тиражами, что положительно влияет на гонорар авторов;
- регулярно переиздаем тиражи, автоматически выплачивая гонорар за *каждый* тираж;
- применяем индивидуальный подход в работе с каждым автором;
- работаем профессионально: от корректуры до авторских дизайн-проектов;
- проводим политику доступной цены;
- имеем собственные каналы сбыта: от федеральных сетей, крупнейших книжных магазинов РФ, ведущих маркетплейсов ОЗОН, Wildberries, Яндекс-Маркет и др. до ведущих библиотек вузов, ссузов.

Ждем Ваши предложения:

- **тел. (812) 412-70-26**
- **эл. почта: nitmail@nit.com.ru**

Будем рады сотрудничеству!

Для заказа книг:

- **интернет-магазин: nit.com.ru**
  - более 3000 пунктов выдачи на территории РФ, доставка 3–5 дней
  - более 300 пунктов выдачи в Санкт-Петербурге и Москве, доставка 1–2 дня
  - тел. (812) 412-70-26
  - эл. почта nitmail@nit.com.ru
- **магазин издательства:** г. Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, д. 107
  - метро Елизаровская, 200 м за ДК им. Крупской
  - ежедневно с 10.00 до 18.00
  - справки и заказ: тел. (812) 412-70-26
- **книжные сети и магазины**
  - «Читай-город» - сеть магазинов тел. +7 (495) 424-84-44
  - «Буквоед» - сеть магазинов тел. +7 (812) 601-0-601
  - Московский дом книги – сеть магазинов тел. +7 (495) 789-35-91
  - ТД «БиблиоГлобус» тел. +7 (495) 781-19-12
  - «Амиталь» — сеть магазинов тел. +7 (473) 223-00-02
  - Дом книги, г. Екатеринбург тел. +7 (343) 289-40-45
  - Дом книги, г. Нижний Новгород тел. +7 (831) 246-22-92
  - Приморский торговый Дом книги тел. +7 (423) 263-10-54
- **маркетплейсы ОЗОН, Wildberries, Яндекс-Маркет, Myshop и др.**