

ХЕЛ
проф
ТЕХ

С.Н. Павлович Б.И. Фираго

РЕМОНТ И ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ



С.Н. Павлович Б.И. Фираго

РЕМОНТ И ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Допущено
Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для учащихся учреждений,
обеспечивающих получение
профессионально-технического образования
по электротехническим учебным специальностям

4-е издание



Минск
«Вышэйшая школа»
2009

УДК 621.31(075.32)
ББК 31.29-5-08я722
П12

Рецензенты: кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» Белорусского государственного технологического университета *Е.В. Папок*; методическая комиссия Минского государственного профессионально-технического училища № 9 машиностроения

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

Павлович, С. Н.
П12 Ремонт и обслуживание электрооборудования: учеб. пособие / С. Н. Павлович, Б. И. Фираго. – 4-е изд. – Минск : Выш. шк., 2009. – 245 с.; ил.
ISBN 978-985-06-1688-3.

Описываются основные операции ремонта электрооборудования (трансформаторов, электрических машин, коммутационных аппаратов и др.), рассматриваются вопросы планирования и организации электроремонтных работ и охраны труда.

Печатается по изданию, вышедшему в 2006 г.

Для учащихся профессионально-технических учебных заведений. Может быть полезно рабочим при профессиональном обучении на предприятии, слесарям по ремонту электрооборудования, учащимся средних специальных учебных заведений.

УДК 621.31(075.32)
ББК 31.29-5-08я722

ISBN 978-985-06-1688-3

© Павлович С.Н., Фираго Б.И., 2001
© Павлович С.Н., Фираго Б.И.,
2005, с изменениями
© Издательство «Вышэйшая школа»,
2005

ПРЕДИСЛОВИЕ

Электрическая энергия в силу своих преимуществ по сравнению с другими видами энергии (легкость преобразования в механическую, тепловую и световую, простота передачи на большие расстояния, большая скорость распространения, приближающаяся к скорости света, и др.) эффективно используется на промышленных предприятиях. Поэтому в электроустановках таких предприятий (например, МАЗ, БелАЗ, БМЗ и др.) задействовано большое количество разнообразного электрооборудования, как низковольтного (напряжением 0,4 кВ), так и высоковольтного (напряжением 10 кВ и выше). Чтобы обеспечить нормальное и эффективное функционирование промышленных предприятий, необходимо не только правильно обслуживать электрооборудование во время эксплуатации, но и проводить своевременно ремонт.

Ремонт должен выполняться в сжатые сроки, качественно и с небольшими затратами, что возможно при высоком уровне организации ремонтных работ и наличии высококвалифицированных слесарей. Многолетняя практика функционирования электроремонтных цехов предприятий и электроремонтных заводов показывает, что более 70% поступающего в ремонт поврежденного электрооборудования составляют трансформаторы, электрические машины и коммутационные аппараты.

В учебном пособии описываются основные слесарные операции ремонта трансформаторов, электрических машин, коммутационных аппаратов и электрооборудования распределительных устройств, а также рассматриваются вопросы организации, планирования электроремонтных работ и охраны труда. Современные технологии позволяют достигать максимального уровня качества, надежности (увеличение срока службы, наработки до отказа и др.) и энергосбережения, являющихся важнейшими факторами снижения потребления энергоресурсов, затрат и себестоимости выпускаемой продукции.

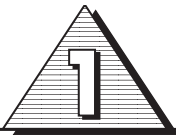
Главы 1, 3–6 данного учебного пособия написал С.Н. Павлович, главу 2 – Б.И. Фираго.

Для облегчения контроля усвоения изучаемого материала после каждой главы даются контрольные вопросы.

В конце книги помещен список основных сокращений.

Учебное пособие предназначено для учащихся профессионально-технических учебных заведений. Оно также может быть использовано рабочими при профессиональном обучении на предприятии, слесарями по ремонту электрооборудования, учащимися средних специальных учебных заведений.

Авторы



ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

1.1. Виды и причины износа электрооборудования

В процессе работы электрооборудования происходит его постепенное изнашивание. Применительно к любым техническим объектам различают два вида износа: физический и моральный. Под *физическим износом* понимается изменение размеров, формы, массы технического объекта или состояния его поверхности вследствие остаточной деформации от постоянно действующих нагрузок либо из-за разрушения поверхностного слоя при трении. Применительно к электрооборудованию выделяют механический, электрический и моральный износы. Показатели надежности оборудования (срок службы до износа, интенсивность отказов и др.) зависят от физического износа. Поэтому во время периодических ремонтов наиболее изношенные детали и узлы заменяют новыми.

Механический износ электрооборудования происходит из-за длительных переменных или постоянных воздействий на его отдельные детали или сборочные узлы. В результате изменяется их первоначальная форма или ухудшаются качества, например на поверхности коллектора электрических машин постоянного тока образуются глубокие дорожки. Причиной быстрого механического износа коллектора может быть продолжительное воздействие на него щеток, прижатых с усилием, превышающим допустимое, или неправильный выбор вида щеток, например, более твердых, чем те, на которые рассчитан коллектор. В электрических машинах из-за трения механически изнашиваются, кроме коллектора, шейки валов, подшипники, контактные кольца роторов.

Электрический износ – это потеря электроизоляционными материалами электрооборудования изоляционных качеств. Например, электрически изнашиваются пазовая изоляция электрических машин, изоляция проводов обмоток и др. Электрический износ изоляции чаще всего является результатом длительной эксплуатации электрооборудования, воздействия на изоляцию

высоких температур или химически агрессивных веществ. Эти факторы приводят к быстрому «старению» изоляции (потере изоляционных свойств) и как следствие – к витковым замыканиям в обмотках и катушках, пробую изоляции и появлению потенциалов опасной величины на частях электрооборудования, обычно не находящихся под напряжением, т. е. к повреждениям, устранение которых требует капитального ремонта электрооборудования.

Моральный износ – это устаревание исправного электрооборудования, дальнейшая эксплуатация которого нецелесообразна из-за создания нового, технически более совершенного или более экономичного электрооборудования аналогичного назначения. Однако иногда эксплуатация морально изношенного электрооборудования может быть технически и экономически целесообразной, если при его капитальном ремонте осуществляется модернизация.

1.2. Системы плано-предупредительного ремонта

Ремонт электрооборудования на промышленных предприятиях проводится в соответствии с принятой в нашем государстве системой плано-предупредительного ремонта (ППР). Периодичность и объем ремонтов устанавливаются системой ППР в зависимости от режимов работы, технического состояния и условий эксплуатации электрооборудования. Таким образом, система ППР – это система организационных и технических мероприятий, выполнение которых обеспечивает продолжительную и безаварийную работу электрооборудования.

Существуют три основные системы организации ППР электрооборудования промышленных предприятий: централизованная, децентрализованная и смешанная.

При **централизованной системе** ремонт выполняют несколько ремонтных служб, специализированных по видам электрооборудования или работ. Эти службы подчинены главному энергетiku предприятия. Персонал, обслуживающий электрооборудование цеха или подстанции, выполняет только работы по надзору и мелкому текущему ремонту.

Децентрализованная система характеризуется отсутствием специализированных ремонтных служб. Все электроремонтные работы выполняет персонал электроремонтных мастерских или бригад, находящихся в административном подчинении соответствующего начальника, например начальника цеха.

Смешанная система характеризуется тем, что в структуре предприятия имеются как электроремонтные мастерские и бригады, выполняющие небольшие по объему и сложности ремонтные

работы, так и специализированные ремонтные службы, осуществляющие сложные и большие по объему работы.

В настоящее время для проведения технической диагностики (определения состояния оборудования и выявления неисправностей) и ремонта все более широко используются средства вычислительной и микропроцессорной техники (установки, стенды, устройства для диагностики и испытания электрооборудования), позволяющие сокращать сроки проведения ремонтов, уменьшать затраты на ремонт и повышать эффективность эксплуатации электрооборудования.

Одним из направлений повышения безопасности выполнения работ при диагностике воздушных линий электропередач высокого напряжения (ВН) является применение приборно-программного комплекса (ППК), устанавливаемого на легких летательных аппаратах. Такие комплексы широко используются энергокомпаниями Америки, Австралии и ряда стран Западной Европы. Подобные комплексы целесообразно использовать и в энергосистеме Беларуси, например, при регулярных осмотрах воздушных ЛЭП (напряжением 35–330 кВ и протяженностью 1845 км) в Борисовских электросетях, которые проводятся на легком самолете.

1.3. Виды ремонтов

Положением о ППР электрооборудования промышленных предприятий предусмотрено выполнение нескольких видов ремонта (текущего и капитального, среднего и капитального или текущего, среднего и капитального). На практике широко используется система, предусматривающая осуществление для большей части электрооборудования двух видов ремонта: текущего и капитального.

При *текущем ремонте* после осмотра всего электрооборудования устраняют мелкие дефекты, регулируют механизмы и выполняют ряд других небольших по объему работ (например, перезарядку предохранителей с заменой плавких вставок, зачистку подгоревших контактов аппаратов, замену изношенных щеток), позволяющих обеспечить нормальную работу электрооборудования до следующего планового ремонта. Текущие ремонты производят обычно без разборки электрооборудования в период кратковременных остановок производственного оборудования.

Средним считают ремонт, при котором предупреждают чрезмерный износ наиболее ответственных деталей и узлов электрооборудования. В этом случае заменяют отдельные детали, устраняют дефекты изоляции лобовых частей обмоток электродвигате-

лей, ремонтируют щеткодержатели (меняют пружины и гибкие связи), шлифуют контактные кольца электродвигателей с фазным ротором и т. п.

При *капитальном ремонте* восстанавливают или заменяют отдельные основные детали и узлы электрооборудования. Например, к этому виду ремонта относят перемотку статорных или роторных обмоток электрических машин, перезаливку подшипников скольжения электродвигателей, изготовление и установку новых обмоток силовых трансформаторов.

Капитальный ремонт обычно производится при частичной или полной разборке электрооборудования. Иногда при капитальном ремонте электрических машин, трансформаторов и коммутационных аппаратов осуществляют их модернизацию, т. е. совершенствуют конструкцию, улучшают эксплуатационные показатели, повышают надежность и другие характеристики. Главная цель модернизации заключается в приближении технических показателей ремонтируемого электрооборудования к техническим показателям нового, более совершенного оборудования. При этом затраты времени, средств и материалов на модернизацию электрооборудования должны быть оправданы теми техническими или экономическими результатами, которые будут достигнуты после его модернизации.

Если при капитальном ремонте осуществляется модернизация с изменением конструкции и основных технических параметров оборудования, то такой ремонт называют *капитально-реконструктивным*.

1.4. Планирование ремонтных работ

Ремонты электрооборудования планируют исходя из межремонтных периодов, ремонтных циклов и их структуры (рис. 1.1).

Межремонтный период – период работы электрооборудования между двумя очередными плановыми ремонтами, например соседними текущими, текущим и капитальным или текущим и средним.

Ремонтный цикл – промежуток времени работы электрооборудования между двумя очередными капитальными ремонтами или с момента ввода его в эксплуатацию до первого капитального ремонта.

Структура ремонтного цикла представляет собой совокупность текущих и средних ремонтов на протяжении одного ремонтного цикла.

Основой для определения продолжительности межремонтного периода и ремонтного цикла служит расчетное (или действитель-

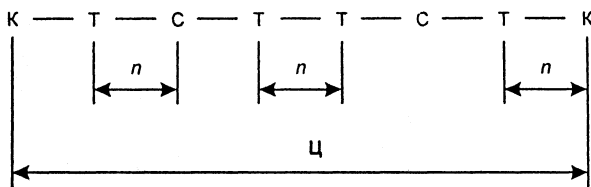


Рис. 1.1. Структура ремонтного цикла Ц:

К – капитальный ремонт; Т – текущий ремонт; С – средний ремонт; n – межремонтный период

ное) время, в течение которого электрооборудование может нормально работать в заданных режимах. При этом ориентируются на продолжительность нормальной работы наиболее быстро изнашивающихся деталей и узлов электрооборудования.

Ремонты электрооборудования предприятий планируют на один год с разбивкой по кварталам и месяцам. Такое планирование ремонтов называется *текущим* (планирование ремонтов электрооборудования на более длительный период называется *перспективным*).

Существует также *оперативное планирование ремонта* электрооборудования с помощью сетевых графиков, которые могут быть общими или локальными. *Общий сетевой график* предусматривает ремонт определенного комплекса электрооборудования (отдельной электроустановки, подстанции, цеха), а *локальный* – ремонт отдельной крупной единицы электрооборудования (мощного электродвигателя, силового трансформатора).

Модель сетевого графика представлена на рис. 1.2 (стрелками обозначены виды работ, а кружками – события). Под *видом работ* понимается определенный производственный процесс ремонта, требующий затрат времени, материалов, применения различных инструментов или приспособлений. *Событие* представляет собой промежуточный или конечный результат одного или нескольких видов работ. Таким образом, сетевой график – это схематичное изображение операций и элементов производственного процесса ремонта, а также связей между ними, порядка и технологической последовательности их выполнения.

Составление сетевых графиков ремонта электрооборудования начинают после установления взаимосвязей между видами работ согласно технологической последовательности их выполнения. На графиках линии со стрелками идут слева направо: номер события, из которого выходит линия, меньше номера события, куда она входит; номера событий не должны повторяться, а все события, кроме завершающего, должны иметь продолжение (в виде линий со стрелками).

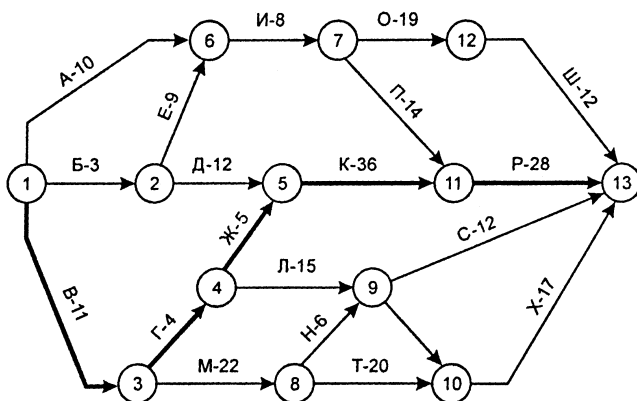


Рис. 1.2. Модель сетевого графика ремонта электрооборудования

На рис. 1.2 событие 1 является началом работ А-10, Б-3 и В-11, а события 6, 2, 3 – соответственно результатами этих работ и одновременно началом работ И-8, Е-9, Д-12, Г-4, М-22. Цифры после букв обозначают продолжительность (в месяцах, неделях, днях) выполнения отдельных видов электроремонтных работ между двумя событиями.

На сетевых графиках ремонта четко выявляются те виды работ, от которых зависит общая продолжительность всего комплекса работ по ремонту. Она определяется последовательностью ремонтных работ с наибольшим временем от исходного до завершающего события (на рис. 1.2 наибольший срок ремонта показан жирными линиями). Такая последовательность ремонтных работ является важным элементом сетевого графика, определяет его *критический путь*, позволяет анализировать отдельные виды работ на этом пути и намечать дополнительные мероприятия с целью сокращения продолжительности выполнения этих работ, а следовательно, и общего срока ремонта электрооборудования.

Применительно к ремонту силового трансформатора событие 1 означает разборку трансформатора, а событие 13 – его испытание после ремонта.

Выполнение ремонтов по графикам оказывает большое организующее и дисциплинирующее влияние на персонал ремонтных предприятий, а также позволяет повысить эксплуатационные и экономические показатели электрооборудования.

1.5. Структура электроремонтного цеха и состав его оборудования

На промышленных предприятиях существует определенная структура электроремонтных подразделений, которая, кроме цехов (с технологическими отделениями) по ремонту крупных единиц конкретного вида электрооборудования (например, цех по ремонту электрических машин, цех по ремонту трансформаторов), включает ряд производственных участков, где специализированные бригады выполняют определенные виды ремонтных работ.

Структура электроремонтного цеха и состав его оборудования определяются различными факторами, основными из которых являются количество, номенклатура, габаритные размеры и сложность ремонтируемого электрооборудования. Электроремонтный цех предприятия средней мощности с небольшим объемом ремонтируемого электрооборудования имеет следующие производственные отделения: разборочно-дефектировочное, ремонтно-механическое, обмоточное, сушильно-пропиточное, комплектовочное, сборочное, испытательную станцию, а также отдельные участки, на которых выполняются конкретные виды работ по ремонту трансформаторов, электрических машин и коммутационных аппаратов.

В разборочно-дефектировочном отделении ремонтируемое оборудование очищают от грязи, сливают масло из трансформаторов и маслонаполненных аппаратов, выполняют предремонтные испытания, разбирают электрооборудование, проводят дефектировку (определяют состояние и степень износа отдельных частей, а также объем предстоящего ремонта, оформляют дефектационную ведомость и маршрутную карту ремонта, навешивают маркировочные бирки на детали, подлежащие ремонту, принимают меры по сохранению исправных частей электрооборудования), передают неисправные детали на ремонтные участки, а исправные – в комплектовочное или сборочное отделение.

Разборочно-дефектировочное отделение оснащается подъемно-транспортными средствами, испытательной станцией или стендами для проведения предремонтных испытаний поврежденного электрооборудования, моечными ваннами, съемниками, приспособлениями и инструментом для разборки ремонтируемого электрооборудования.

В ремонтно-механическом отделении ремонтируют и при необходимости изготавливают новые детали электрооборудования (валы, коллекторы, щеточные механизмы, подшипники скольжения), производят перешихтовку сердечников роторов и статоров

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
-------------------	---

Глава 1. Организация и планирование ремонта и технического обслуживания электрооборудования

1.1. Виды и причины износа электрооборудования	5
1.2. Системы плано-предупредительного ремонта	6
1.3. Виды ремонтов	7
1.4. Планирование ремонтных работ	8
1.5. Структура электроремонтного цеха и состав его оборудования	11
1.6. Организация рабочего места по ремонту электрооборудования	14
Контрольные вопросы	17

Глава 2. Ремонт и обслуживание электрических машин

2.1. Общие сведения	18
2.2. Асинхронные двигатели трехфазного переменного тока	28
2.3. Синхронные машины	38
2.4. Электрические машины постоянного тока	43
2.5. Виды ремонта электрических машин	54
2.6. Объем работ по техническому обслуживанию и ремонту	56
2.7. Технические условия и организация ремонта	58
2.8. Структурно-технологическая схема ремонта электрических машин	59
2.9. Основные неисправности электрических машин	60
2.10. Предремонтные испытания электрических машин	65
2.11. Разборка электрических машин	69
2.12. Ремонт обмоток электрических машин	82
2.13. Ремонт коллекторов, щеткодержателей и контактных колец	99
2.14. Ремонт сердечников, валов и вентиляторов	104
2.15. Ремонт станин, подшипниковых щитов и подшипников	106

2.16. Балансировка роторов и якорей	113
2.17. Сборка электрических машин	115
2.18. Испытания электрических машин	118
Контрольные вопросы	120
Глава 3. Ремонт трансформаторов	121
3.1. Общие сведения	121
3.2. Разборка и дефектировка трансформаторов	127
3.3. Ремонт и изготовление обмоток	129
3.4. Ремонт магнитопроводов	130
3.5. Ремонт переключающих устройств	131
3.6. Ремонт вводов	136
3.7. Ремонт отводов	138
3.8. Ремонт бака, крышки, расширителя, термосифонного фильтра и арматуры	138
3.9. Сборка трансформаторов	139
3.10. Очистка и сушка трансформаторного масла	141
3.11. Текущий ремонт силовых трансформаторов	142
3.12. Ремонт измерительных трансформаторов	143
3.13. Особенности ремонта сухих трансформаторов	145
3.14. Испытания силовых трансформаторов	145
Контрольные вопросы	148
Глава 4. Ремонт электрических аппаратов напряжением до 1000 В	149
4.1. Общие сведения	149
4.2. Ремонт автоматических воздушных выключателей	150
4.3. Ремонт контакторов	155
4.4. Ремонт магнитных пускателей	160
4.5. Ремонт предохранителей	163
4.6. Ремонт реостатов	168
4.7. Ремонт тормозных электромагнитов и электромагнит- ных муфт скольжения	170
Контрольные вопросы	172
Глава 5. Ремонт и обслуживание электрооборудования распределительных устройств напряжением до 10 кВ	173
5.1. Общие сведения	173
5.2. Осмотр электрооборудования	177
5.3. Проверка контактных соединений шин	177
5.4. Ремонт изоляторов	178
5.5. Ремонт предохранителей	180

5.6. Ремонт разъединителей	183
5.7. Высоковольтные выключатели	186
5.8. Ремонт выключателей нагрузки	193
5.9. Ремонт масляных выключателей	194
5.10. Ремонт электромагнитных выключателей	196
5.11. Ремонт приводов	197
5.12. Ремонт токоограничивающих реакторов	198
5.13. Ремонт КРУ и КРУН.	199
5.14. Ремонт автоматических выключателей серии «Электрон»	201
5.15. Ремонт станций управления	204
5.16. Текущий ремонт концевых заделок силовых кабелей	205
5.17. Ремонт осветительных установок	206
5.18. Ремонт заземляющего устройства РУ	209
Контрольные вопросы	215
Глава 6. Охрана труда при выполнении ремонтных работ в электроустановках.	216
6.1. Общие сведения.	216
6.2. Воздействие электрического тока на человека	218
6.3. Виды работ, выполняемых в действующих электроустановках	219
6.4. Технические и организационные мероприятия защиты	220
6.5. Средства защиты работающих в электроустановках	221
6.6. Защитное зануление и защитное отключение.	226
6.7. Меры безопасности при отдельных ремонтных работах	228
6.8. Меры безопасности при такелажных работах.	231
6.9. Меры пожарной безопасности	235
Контрольные вопросы	239
СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ	240
ЛИТЕРАТУРА	242

Учебное издание

Павлович Сергей Николаевич
Фираго Бронислав Иосифович

**РЕМОНТ И ОБСЛУЖИВАНИЕ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

Учебное пособие

Ответственный за выпуск *Ю.А. Мисюль*
Редактор *Т.К. Майборода*
Художественный редактор *В.А. Ярошевич*
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*
Корректор *Е.З. Липень*
Компьютерная верстка *И.В. Скубий*

Подписано в печать 14.01.2009. Формат 60×90/16. Бумага офсетная.
Гарнитура «Школьная». Офсетная печать. Усл. печ. л. 15,5.
Уч.-изд. л. 15,9. Тираж 2500 экз. Заказ 143.
Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”». ЛИ № 02330/0131768 от 06.03.2006. Пр. Победителей, 11, 220048, Минск. <http://vshph.com>
Открытое акционерное общество «Барановичская укрупненная типография». ЛП № 02330/0131659 от 02.02.2006. Ул. Советская, 80, 225409, Барановичи.