

Ю.Д. СИБИКИН М.Ю. СИБИКИН

Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок

*Рекомендовано Экспертным советом
по профессиональному образованию
Министерства образования Российской Федерации
в качестве учебного пособия для учащихся
начального профессионального образования*



Москва
«Высшая школа» 2003

УДК 621.31
ББК 31.16
С 34

Рецензенты:

инженер *Е.Ф. Мельниченко*, канд. техн. наук *О.Д. Вельк*

Сибикин, Ю.Д.
С 34 **Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. пособие для проф. учеб. заведений/Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин.— М.: «Высшая школа», 2003.— 462 с.: ил.**

ISBN 5-06-004084-4

В книге приведены общие сведения о материалах, инструменте, приспособлениях и механизмах, используемых электромонтажником и электромонтерами в процессе работ. Даны некоторые технические характеристики важнейших электроустановок. Рассмотрены способы и приемы монтажа эксплуатации, ремонта электрооборудования и электрических сетей промышленных предприятий.

Может быть полезна мастерам производственного обучения, при подготовке рабочих на производстве и студентам техникумов по специальности «Электроснабжение и электрооборудование промышленных предприятий и установок».

УДК 621.31
ББК 31.16

ISBN 5-06-004084-4

© ФГУП «Издательство «Высшая школа», 2003

Оригинал-макет данного издания является собственностью издательства «Высшая школа», и его репродуцирование (воспроизведение) любым способом без согласия издательства запрещено.

фундаментной плиты; установке подшипниковых стояков и изоляции от фундаментной плиты тех из них, для которых она предусмотрена предприятием-изготовителем; установке статора и ротора; сопряжении валов; подгонке подшипников и вкладышей, уплотнении подшипников; выполнении внутренних соединений машины; обработке коллектора и контактных колец; монтаже коммутирующих устройств (суппорт, траверсы, щетки); проверке состояния изоляции и при необходимости контрольном прогреве или сушке; установке контрольных шпилек (конических штифтов) для надежного фиксирования положения станин и подшипниковых стояков; монтаже систем смазки и принудительной вентиляции.

Набор инструмента для монтажа электрических машин, поступающих в собранном или разобранном виде, следующий: приспособление для развертывания отверстий в полумуфтах и проворачивания валов, съемник подшипников качения со скобой и хомутом, гидравлический домкрат до 100 кН, приспособление для центровки валов, клиновой щуп для измерения воздушных зазоров, ключ со сменными головками для гаек большого размера, приспособление для центровки машин с промежуточными валами, виброметр, трехзахватный универсальный съемник, клиновой домкрат грузоподъемностью 50 кН, электрошарошка, гидростатический уровень, съемный регулируемый уровень, микрометрический уровень с ценой деления 0,1/1 000 мм, набор инструмента слесаря-монтажника, центробежный ручной тахометр ИО-10, комплекты конических разверток 1:50 диаметром 13—27 мм, микрометрических нутромеров для измерения в пределах 50—600 мм, индикаторных скоб С—300—800 мм, гаечных ключей размером 8—36 мм, комплекты щупов, отвесов и стропов, призма длиной 100—150 мм.

§ 54. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Как правило, взрывозащищенные электродвигатели поступают с заводов-изготовителей в собранном виде, вместе с технологическим оборудованием. Каждый электродвигатель поставляют с техническим паспортом и инструкцией по монтажу и эксплуатации.

Разборку электродвигателей при монтаже проводят в том случае, если обнаружен обрыв обмоток, или сопротивление (МОм) их изоляции по отношению к корпусу, измеренное мегаомметром на 1 000 В, ниже $R = U / (1\,000 + 0,01 N)$, где U — номинальное напряжение, В; N — мощность электродвигателя, кВт.

Для электродвигателей на напряжение 6 или 10 кВ сопротивление изоляции обмоток измеряют мегаомметром на 2 500 В, при этом оно должно быть не ниже 6 МОм.

Если сопротивление изоляции обмоток электродвигателя ниже нормы, осуществляют сушку обмоток со снятием вводного устройства для циркуляции воздуха независимо от срока отгрузки с завода-изготовителя.

После сушки проверяют плотность прилегания сопрягаемых деталей взрывонепроницаемых оболочек. Зазор должен быть не более указанного в заводской инструкции по монтажу и эксплуатации электродвигателя. Если электродвигатель не удовлетворяет этим требованиям, его нельзя использовать как взрывозащищенный.

Электродвигатели серии ВАО на напряжение 380/660 В мощностью до 315 кВт имеют шесть типов вводных устройств К1—К6, которые допускают непосредственный ввод бронированных кабелей с бумажной изоляцией, кабелей и проводов в трубах с изоляцией жил из резины и поливинилхлоридного пластиката.

Устройства К5 и К6 электродвигателей ВАО 315—450 имеют отверстия для ввода двух кабелей и отличаются друг от друга только диаметрами вводных отверстий (табл. 31). Вводные устройства крепят к фланцам электродвигателей четырьмя болтами и могут быть повернуты на 90°, т.е. установлены вводными отверстиями влево, вправо, вверх и вниз.

Т а б л и ц а 31. Трубная резьба ввода электродвигателей серии ВАО

Габарит электродвигателя	Вводное устройство	Трубная резьба ввода, мм	Габарит электродвигателя	Вводное устройство	Трубная резьба ввода, мм
0—1	К1	19	9	К4	65
2—3	К1	25	315	К5	50 × 50
4—6	К2	32	355—450	К6	50 × 65
7—8	К3	50			

Внутри корпусов вводных устройств электродвигателей 0—9-го габаритов установлено по три силовых проходных контактных зажима и один заземляющий зажим у электродвигателей 315—450-го габаритов — шесть силовых и два заземляющих зажима (рис. 12.14). Силовые зажимы соединены попарно контактными пластинами с отверстиями диаметром 10 мм, что позволяет присоединять к одной фазе по одной жиле каждого из двух вводимых кабелей. При этом контактные плоскости наконечников фазных жил одного кабеля должны быть повернуты на 180° по отношению к контактным плоскостям наконечников другого кабеля для присоединения наконечников одной фазы с двух сторон контактной пластины.

При вводе одного кабеля в электродвигатели серии ВАО 315—450 категорически запрещается снимать из второго вводного отверстия заводскую заглушку во избежание нарушения взрывозащищенных свойств вводного устройства. Вводные устройства электродвигателей серии ВАО маркировки В4Г и В4Д с 0-го по 9-й габариты — стальные сварные, расположены сверху электродвигателей и могут

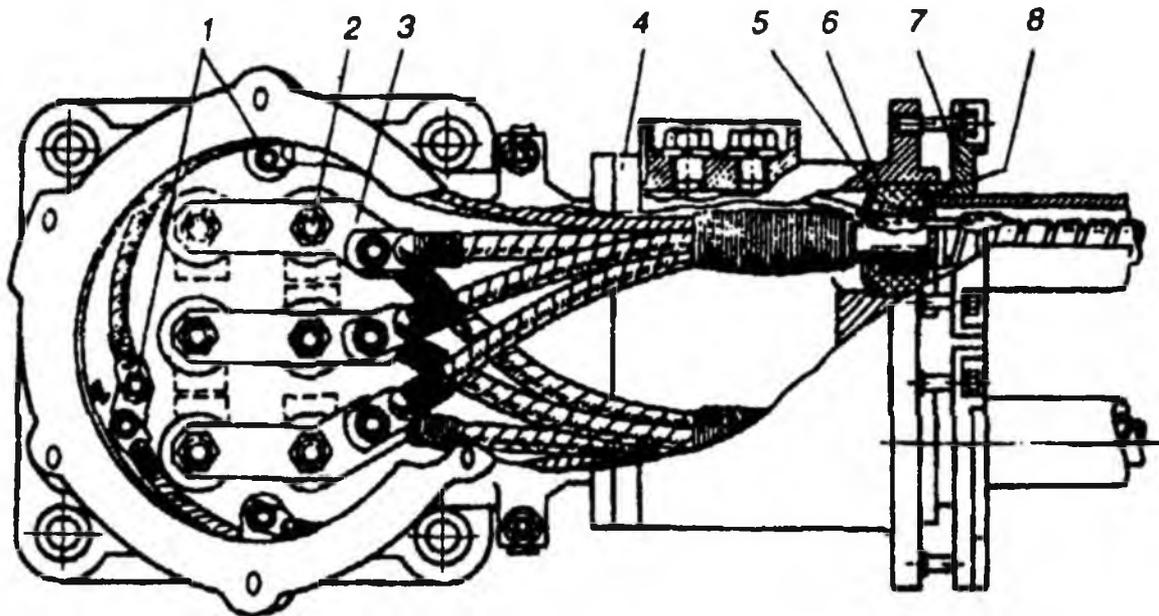


Рис. 12.14. Вводное устройство электродвигателей ВАО:

1 — заземляющий зажим; 2 — силовой зажим; 3 — контактная пластина; 4, 6 — кабельная и нажимная муфты; 5 — уплотнительное кольцо; 7, 8 — упорная и нажимная шайбы

быть повернуты на 90° . Для электродвигателей 0—5-го габаритов используют вводное устройство типа К1, 6—9-го габаритов — К3. Ниже приведены трубные резьбы в нажимных муфтах вводных устройств для различных габаритов электродвигателей с маркировкой В4Г и В4Д.

Габарит электродвигателя	0—1	2—5	6—7	8—9
Трубная резьба ввода, мм	19	25	50	65

Перед вводом проводов и кабелей в электродвигатели сначала с корпуса вводного устройства снимают нажимную муфту, затем из гнезда кабельной муфты вынимают нажимную шайбу и удаляют надрезанные слои резинового кольца или сверлят в кольце отверстие по диаметру оболочки кабеля. Диаметр отверстия не должен превышать диаметра оболочки кабеля более чем на 1—1,5 мм (кольцо надевают на наружную оболочку кабелей марок ВБВ и АВБВ).

При вводе проводов в резиновое кольцо по меткам сверлят четыре отверстия диаметром, равным диаметру вводимого провода, и снимают крышку, отвернув торцовым ключом болты, крепящие ее к корпусу вводного устройства. При подводе к электродвигателям кабелей марок ВБВ и АВБВ от основной трассы их прокладывают открыто на перфорированных лотках или монтажных профилях без дополнительной защиты от возможных механических воздействий и независимо от высоты прокладки. Если расстояние от нижней

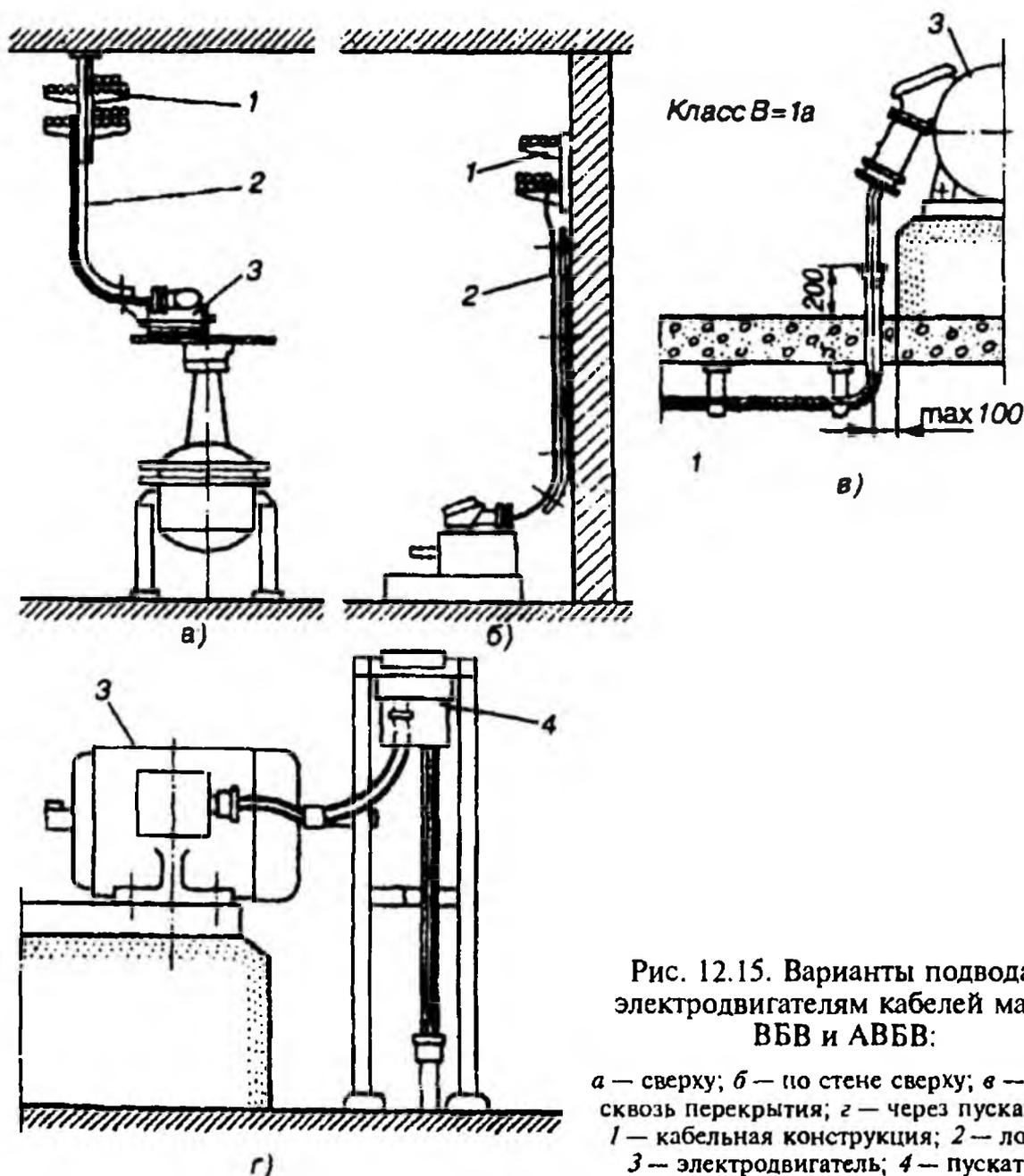


Рис. 12.15. Варианты подвода к электродвигателям кабелей марок ВВВ и АВВВ:

а — сверху; *б* — по стене сверху; *в* — снизу
 сквозь перекрытия; *г* — через пускатель;
 1 — кабельная конструкция; 2 — лоток;
 3 — электродвигатель; 4 — пускатель

муфты вводного устройства электродвигателя до места крепления кабеля на лотке не более 0,7 м, дополнительных креплений кабеля не делают, а при больших расстояниях ставят перфорированный лоток с прокладкой по нему кабеля. Варианты подвода кабелей марок ВВВ и АВВВ к электродвигателям приведены на рис. 12.15.

Открыто прокладываемые бронированные и небронированные кабели других марок с поливинилхлоридной, резиновой и бумажной изоляцией (например, ВВБГ; ВРБГ; СБГ и др.) при подводе к электродвигателям защищают от возможных механических воздействий на высоте не ниже 2 м от пола или площади обслуживания. Защиту кабеля осуществляют монтажными профилями, стальными коробами, водогазопроводными трубами. Длина жил кабелей, присоединяемых к зажимам электродвигателей приведена в табл. 32.

Т а б л и ц а 32. Длина секторных жил (мм) для присоединения к электродвигателям серии ВАО 315—450-го габаритов

Площадь сечения жил, мм ² (тип жил)	Крайняя жила			Средняя жила			Нулевая жила		
	Наконечник								
	мед- ный	медно- алю- миние- вый	алю- миние- вый	мед- ный	медно- алю- миние- вый	алю- миние- вый	мед- ный	медно- алю- миние- вый	алю- миние- вый
25 (С, СО)	280	270	275	270	260	265	260	250	255
35 (С, СО)	275	270	270	265	260	265	255	250	255
50 (С, СО)	265	255	270	255	245	260	245	235	250
70 (С)	260	250	255	250	240	245	240	230	235
70 (С)	—	255	260	—	245	250	—	235	240
95 (С, СО)	255	245	250	245	235	240	235	225	230
120 (С, СО)	255	240	245	245	230	235	235	220	225
150 (С)	—	240	245	—	230	235	—	220	225

П р и м е ч а н и е. Буквенные обозначения: С — секторная многопроволочная, СО — секторная однопроволочная.

При подводе к электродвигателям проводов или кабелей в трубах, выходящих из пола, трубы должны иметь привязку, указанную в проекте. После установки электродвигателей на место трубы доводят до вводного устройства и вводят на короткой резьбе в нажимную муфту. Защиту бронированных кабелей на участке между трубами, выходящими из пола, и вводным устройством электродвигателя можно выполнять монтажным профилем или стальным коробом.

При замере трубы нажимную муфту притягивают болтами до отказа к кабельной муфте (или корпусу вводного устройства у электродвигателей до 3-го габарита). Болты затягивают равномерно во избежание перекоса нажимной муфты и повреждения резьбы болтов.

Если диаметр подводимой трубы меньше диаметра отверстия в нажимной муфте вводного устройства, в нажимную муфту ввертывают переходную футорку. При выводе труб из пола они имеют разъемные соединения. Если кабель затянут в трубу до установки электродвигателя, разъемное соединение не собирают.

К электродвигателям, которые установлены на основаниях, подверженных вибрации, подвод выполняют так:

во взрывоопасных зонах всех классов — гибкими переносными кабелями с резиновой изоляцией (от пусковых аппаратов, установленных как у электродвигателей, так и в электропомещениях (без дополнительной защиты от механических повреждений));

во взрывоопасных зонах классов В-1б, В-1г — гибкими проводами в водогазопроводных трубах с переходом на резиновые напорные рукава при условии их соответствия окружающей среде (пары бензина, бензола и т.п.);

во взрывоопасных зонах классов В-1а, В-1 — гибкими проводами в водогазопроводных трубах с переходом на герметичные металлорукава типа Р1-Ц-А и Р11-Ц-А.

Для соединения герметичных металлорукавов с электродвигателями и аппаратами в отверстие вводного устройства ввинчивают штуцеры или к трубе привинчивают накидную гайку металлорукава.

Контрольные вопросы

1. По каким признакам классифицируют электродвигатели?
2. Чем отличается машина постоянного тока от машины переменного?
3. Каков принцип действия асинхронного электродвигателя?
4. Какова технологическая последовательность операций по монтажу электрических машин, прибывающих к заказчику в собранном виде?
5. Как центруют валы соединяемых между собой электрических машин?
6. Какова технологическая последовательность операций по монтажу электрических машин, прибывающих к заказчику в разобранном виде?
7. Что называют бесподкладочным способом установки и выверки фундаментных плит?
8. Как производят выверку и регулировку воздушного зазора крупных электрических машин?
9. Как и для каких целей сушат обмотки электрических машин?
10. В чем особенности технологии монтажа взрывозащищенных электродвигателей?

ГЛАВА 13. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

§ 55. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВКАХ И СХЕМАХ ИХ СОЕДИНЕНИЯ

Реактивная мощность в электроустановках появляется от действия намагничивающего тока асинхронных двигателей (60—65 % общей реактивной мощности), трансформаторов (20—25 %), индуктивности воздушных ЛЭП, реакторов, вентильных преобразователей и других устройств (10 %). В зависимости от характера применяемого электрооборудования реактивная мощность может быть значительной и составлять до 130 % активной полезной мощности. Прохождение значительной индуктивной составляющей тока

по питающим и распределительным сетям и через трансформаторы приводит к возникновению дополнительных потерь энергии во всех элементах системы внешнего и внутреннего электроснабжения предприятия (в активных сопротивлениях генератора и ЛЭП). Так, для элемента с сопротивлением R мощность потерь в нем составит

$$\Delta P = I^2 R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \Delta P_a + \Delta P_p.$$

Таким образом, дополнительные потери ΔP_p на нагрев, обусловленные реактивной мощностью Q , пропорциональны квадрату ее значения. Чтобы уменьшить дополнительные потери ΔP_p , необходимо увеличить сечение проводов, т. е. повысить затраты или принять другие технически и экономически оправданные меры (например, установка конденсаторов) от реактивного тока возникает дополнительное падение напряжения в проводах ЛЭП и трансформаторах, которое снижает напряжение на электроприемнике, что особенно существенно для протяженных промышленных сетей и питающих линий передачи. При питании активно-индуктивной нагрузки через элемент сети с активным сопротивлением R и реактивным X падения напряжения составят

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} = \frac{PR}{U} + \frac{QX}{U} = \Delta U_a + \Delta U_p,$$

где ΔU_a — падения напряжения, обусловленные соответственно активной и реактивной мощностью.

Дополнительное падение напряжения ΔU_p увеличивает отклонение напряжения на зажимах приемника от номинального при изменениях нагрузок и режимов электрической сети, что приводит к понижению вращающих моментов двигателей, уменьшению светоотдачи осветительными приборами и к другим нежелательным последствиям. Все это требует увеличения мощности или применения средств регулирования напряжения с помощью комплектных конденсаторных установок.

Конденсаторной установкой (КУ) называют электроустановку, состоящую из конденсаторов и относящегося к ней вспомогательного электрооборудования (выключателей, разъединителей, разрядных сопротивлений и т.п.).

Конденсаторная установка состоит из одной или нескольких конденсаторных батарей или из одного или нескольких отдельно установленных конденсаторов, присоединенных к сборным шинам через отдельные коммутационные аппараты.

Конденсаторной батареей называют совокупность двух или более конденсаторов, соединенных электрически между собой.

Секцией конденсаторной батареи называют часть батареи, снаб-

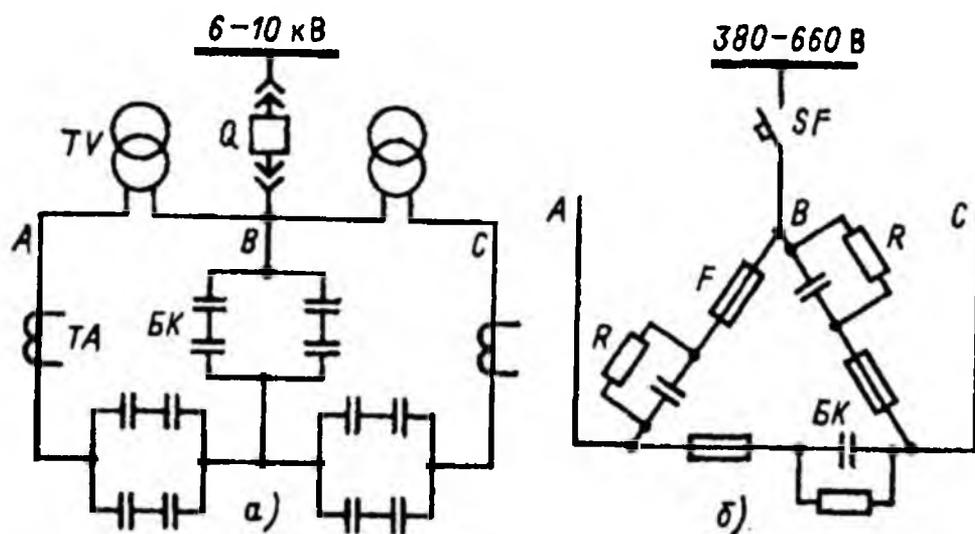


Рис. 13.1. Схема конденсаторных установок

женную выключателем или разъединителем, служащим для отключения только одной этой секции от остальной части батареи (под напряжением или после отключения всей батареи в целом).

Конденсаторные установки присоединяют к сети через отдельный аппарат управления, предназначенный для включения и отключения только конденсаторов, или через общий аппарат управления с силовым трансформатором, асинхронным электродвигателем или другим электроприемником. Обе эти схемы могут применяться при любом напряжении конденсаторной установки.

В трехфазных батареях однофазные конденсаторы соединяют в треугольник или звезду. Применяется также последовательное или параллельно-последовательное соединение однофазных конденсаторов в каждой фазе трехфазной батареи.

Если конденсаторные батареи включают параллельно нагрузке — это поперечная компенсация, а при последовательном включении — продольная компенсация.

При отключении конденсаторы сохраняют напряжение остаточного заряда, представляющее опасность для персонала и затрудняющее работу выключателей. По условиям безопасности требуется применение разрядных устройств. В качестве разрядных устройств применяют два однофазных трансформатора напряжения типа НОМ по схеме, показанной на рис. 13.1, а. Для батарей 380—660 В вместо НОМ по той же схеме включают сопротивления или лампы накаливания (две лампы и более — последовательно в каждой разрядной ветви). В новых конденсаторах применяются встроенные разрядные сопротивления R внутри или снаружи бака конденсатора, которые располагают параллельно емкости конденсаторов (рис. 13.1, б).

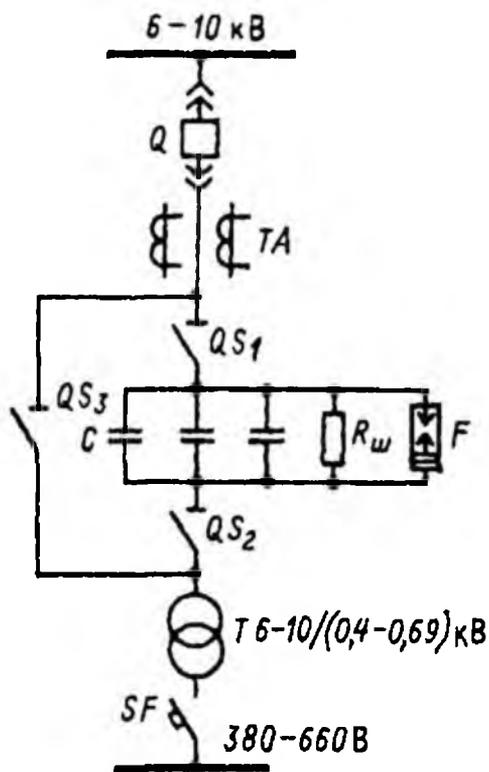


Рис. 13.2. Схема установки продольной емкостной компенсации (УПК)

Поперечную емкостную компенсацию выполняют комплектными конденсаторными установками (КУ), которые устанавливают в цехе рядом с комплектными трансформаторными подстанциями или около крупных электроприемников. Комплектную конденсаторную установку собирают в шкафах с аппаратурой защиты, измерения, управления и с разрядным устройством. На рис. 13.1 показаны две схемы КУ: высокого (6—10 кВ) и низкого (380—660 В) напряжения.

Установки продольной компенсации УПК практически не являются источниками мощности. Шунтирующее сопротивление $R_{ш}$ (см. рис. 13.2), превышающее сопротивление конденсаторов примерно в 10 раз, устраняет резонансные явления в УПК. Главное назначение продольной компенсации —

частичная компенсация индуктивного сопротивления участков электрической сети для уменьшения потери напряжения в них.

§ 56. ЗАЩИТА И МОНТАЖ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Конденсаторная установка в целом должна иметь защиту от токов короткого замыкания, действующую на отключение без выдержки времени.

Независимо от защиты всей КУ в целом в батареях с параллельным соединением конденсаторов последние снабжают групповой защитой от токов короткого замыкания при помощи плавких предохранителей, причем число конденсаторов в одной группе должно быть не менее пяти и номинальный ток одной группы — не более 100 А.

Групповая защита не требуется, если конденсаторы снабжены встроенной индивидуальной защитой секций. В любом случае предохранители должны обеспечивать надежное отключение при наименьших и наибольших величинах тока короткого замыкания в данной точке сети.

При коммутировании КУ возникают перенапряжения и броски тока, в особенности при включении на параллельную работу с другими батареями или секциями. Необходимы специальные быс-

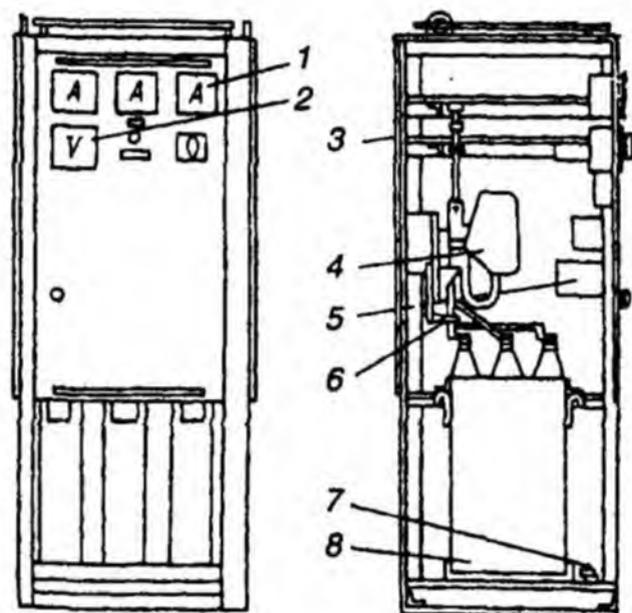


Рис. 13.3. Общий вид установки КУ-0,38-110:

1 — амперметр; 2 — вольтметр; 3 — предохранитель; 4 — контактор; 5 — панель управления;
6 — трансформатор тока; 7 — заземляющий болт; 8 — конденсатор

тродействующие выключатели, имеющие повышенную износостойкость контактной и механической частей, рассчитанные на такие броски и допускающие частые переключения. Обычные выключатели на напряжение 6—10 кВ, а также автоматы и контакторы 380 В, не рассчитанные на чисто емкостную нагрузку, выбирают с запасом по номинальному току не менее чем на 50 %.

Защиту батарей выбирают с учетом отстройки от токов включения и разряда конденсаторов. При защите батарей предохранителями ток плавкой вставки i_b определяют по формуле

$$i_b \leq 1,6 n \frac{Q_k}{\sqrt{3} U_n},$$

где n — общее количество конденсаторов БК (во всех фазах); Q_k — номинальная мощность однофазного конденсатора; U_n — линейное напряжение.

При защите автоматическим выключателем последний должен иметь комбинированный расцепитель, обеспечивающий защиту с плавной регулировкой уставки тока. Уставку тока i_y выбирают исходя из допустимой перегрузочной способности конденсаторов 130 % и определяют так:

$$i_y \leq 1,3 n \frac{Q_k}{\sqrt{3} U_n},$$

В случаях, когда известно, что уровень напряжения сети в месте присоединения КУ будет временами при включенных конденсато-

рах превышать 110 % номинального напряжения установки, предусматривают защиту, отключающую установку при указанном повышении напряжения и работающую с выдержкой времени 3—5 мин, а также обратное автоматическое ее включение после восстановления первоначального уровня напряжения.

Равенство емкостей всех трех фаз КУ должно контролироваться тремя амперметрами, указывающими ток в каждой фазе присоединения батареи. Конденсаторные установки мощностью до 400 кВАр снабжают только одним амперметром.

При монтаже КУ с общим количеством масла в одной установке более 600 кг их располагают в отдельном помещении с выходом наружу или в общее помещение, отвечающее в отношении огнестойкости требованиям, приведенным в ПУЭ.

Конденсаторные установки с общим количеством масла до 600 кг можно размещать в помещениях щитов управления и распределительных устройств напряжением до и выше 1000 В; монтаж КУ аналогичен монтажу комплектных РУ.

Контрольные вопросы

1. Как влияет реактивная мощность на работу системы внутривидеочного и внешнего электроснабжения предприятия?
2. Какую установку называют конденсаторной?
3. Какие схемы соединений конденсаторных батарей применяют в сетях до и выше 1000 В?
4. Как защищают батареи конденсаторов от перенапряжений и бросков тока?
5. Как монтируют шкафы КУ?

РАЗДЕЛ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ГЛАВА 14. СТРУКТУРА ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

§ 57. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРАВИЛАХ УСТРОЙСТВА И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Все вновь сооружаемые, реконструируемые, расширяемые или технически перевооруженные электроустановки промышленных предприятий выполняют в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), за исключением специальных электроустановок, в отношении которых ПУЭ обязательны в той мере, в какой они не изменены специальными правилами.

К промышленным предприятиям относят комбинаты (в том числе опытные заводы научно-исследовательских институтов), фабрики, шахты, карьеры, производственные и ремонтные базы, типографии, предприятия железнодорожного, водного, воздушного, трубопроводного и городского транспорта, ремонтно-механические заводы «Сельхозтехника» и др. Действующими считают электроустановки, которые имеют источники электроэнергии, полностью или частично находящиеся под напряжением, или установки, на которые в любой момент может быть подано напряжение включением коммутационной аппаратуры.

ПУЭ требуют, чтобы в электроустановках была обеспечена возможность легкого распознавания частей, относящихся к отдельным их элементам (простота и наглядность схем, надлежащее расположение электрооборудования, надписи, маркировка, расцветка).

В каждой электроустановке окраска одноименных шин должна быть одинаковой. При переменном токе фазу А окрашивают в желтый, фазу В — зеленый и фазу С — красный, нулевую шину, при изолированной нейтрали — белый, при заземленной нейтрали — черный цвет.

При однофазном токе: проводник, присоединенный к началу обмотки источника питания окрашивают в желтый, к концу обмотки — черный цвет.

При постоянном токе: положительную шину (+) окрашивают в красный, отрицательную (—) — синий и нейтральную — белый цвет.

В закрытых распределительных устройствах при переменном трехфазном токе шины окрашивают в следующие цвета:

сборные шины при вертикальном расположении: верхняя шина (А) — желтый, средняя шина (В) — зеленый, нижняя шина (С) — красный цвет. При расположении шин горизонтально, наклонно или по треугольнику: шина, наиболее удаленная от персонала (А) — желтый, средняя (В) — зеленый и ближайшая к персоналу (С) — красный цвет;

ответвления от сборных шин: левая шина (А) — желтый, средняя шина (В) — зеленый, правая шина (С) — красный цвет, если смотреть на шины из коридора обслуживания.

В открытых распределительных устройствах при переменном трехфазном токе шины окрашивают в следующие цвета:

сборные и обходные шины: шина (А), ближайшая к силовым трансформаторам — желтый, средняя шина (В) — зеленый, отдаленная (С) — красный цвет;

ответвления от системы сборных шин: левая шина (А) — желтый, средняя шина (В) — зеленый, правая шина (С) — красный цвет, если смотреть из открытого распределительного устройства на выводы от трансформаторов;

при постоянном токе шины окрашивают в следующие цвета:

сборные шины, расположенные вертикально: верхняя шина, нейтральная — белый, средняя (—) — синий, нижняя (+) — красный цвет;

сборные шины, расположенные горизонтально: шина нейтральная, наиболее удаленная — белый, средняя (—) — синий, ближайшая (+) — красный цвет, если смотреть на шины из коридора обслуживания;

ответвления от сборных шин; левая шина, нейтральная — белый, средняя (—) — синий, правая (+) — красный, если смотреть на шины из коридора обслуживания.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники ПУЭ разделяют на три категории:

1-я категория — электроприемники, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса;

2-я категория — электроприемники, перерыв в электроснабжении которых связан с массовым недоотпуском продукции, простоем рабочих, механизмов и промышленного транспорта;

3-я категория — все остальные электроприемники, не подходящие под определения 1-й и 2-й категорий (например, электро-

приемники цехов несерийного производства, вспомогательных цехов, и т. п.).

Электроприемники 1-й категории обеспечивают электроэнергией от двух независимых источников питания, и перерыв их электроснабжения может быть допущен лишь на время автоматического ввода резервного питания.

При небольшой мощности электроприемников 1-й категории в качестве второго источника питания могут быть использованы передвижные электростанции, аккумуляторные батареи, перемычки на низшем напряжении от ближайшего пункта, имеющего независимое питание с автоматическим включением резерва (АВР).

Если автоматическим резервированием электроснабжения нельзя обеспечить необходимой непрерывности технологического процесса, последний должен обслуживаться двумя или большим числом совместно действующих технологических агрегатов одинакового значения, приводы которых питают от независимых источников питания, если это экономически целесообразно.

Для электроустановок, работающих круглосуточно и в течение всего года, производство и технология которых не допускают перерывов питания электроэнергией, систему электроснабжения выполняют так, чтобы при выводе в длительный ремонт любого ее элемента сохранилось в действии электроснабжение объекта от двух независимых источников.

Для электроприемников 2-й категории допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Средневзвешенный коэффициент мощности электроустановок, присоединяемых к электрическим сетям, должен быть не ниже 0,92—0,95.

Уменьшение указанной величины допускают лишь по согласованию с энергосистемой в случае наличия избытков реактивной мощности в энергосистеме питающей электроустановки потребителя непосредственно от шин генераторов электростанций.

Установку на предприятиях всех видов компенсирующего электрооборудования производят только с разрешения энергосистемы.

Важнейшим условием правильной эксплуатации является своевременное проведение *планово-предупредительных ремонтов и периодических профилактических испытаний* оборудования и сетей. Организационные и технические положения по эксплуатации электрохозяйства предприятий изложены в «Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ), которые обязательны для всех отраслей народного хозяйства. Применительно к конкретным условиям каждого предприятия руководитель, ответственный за эксплуатацию электрохозяйства, утверждает мес-

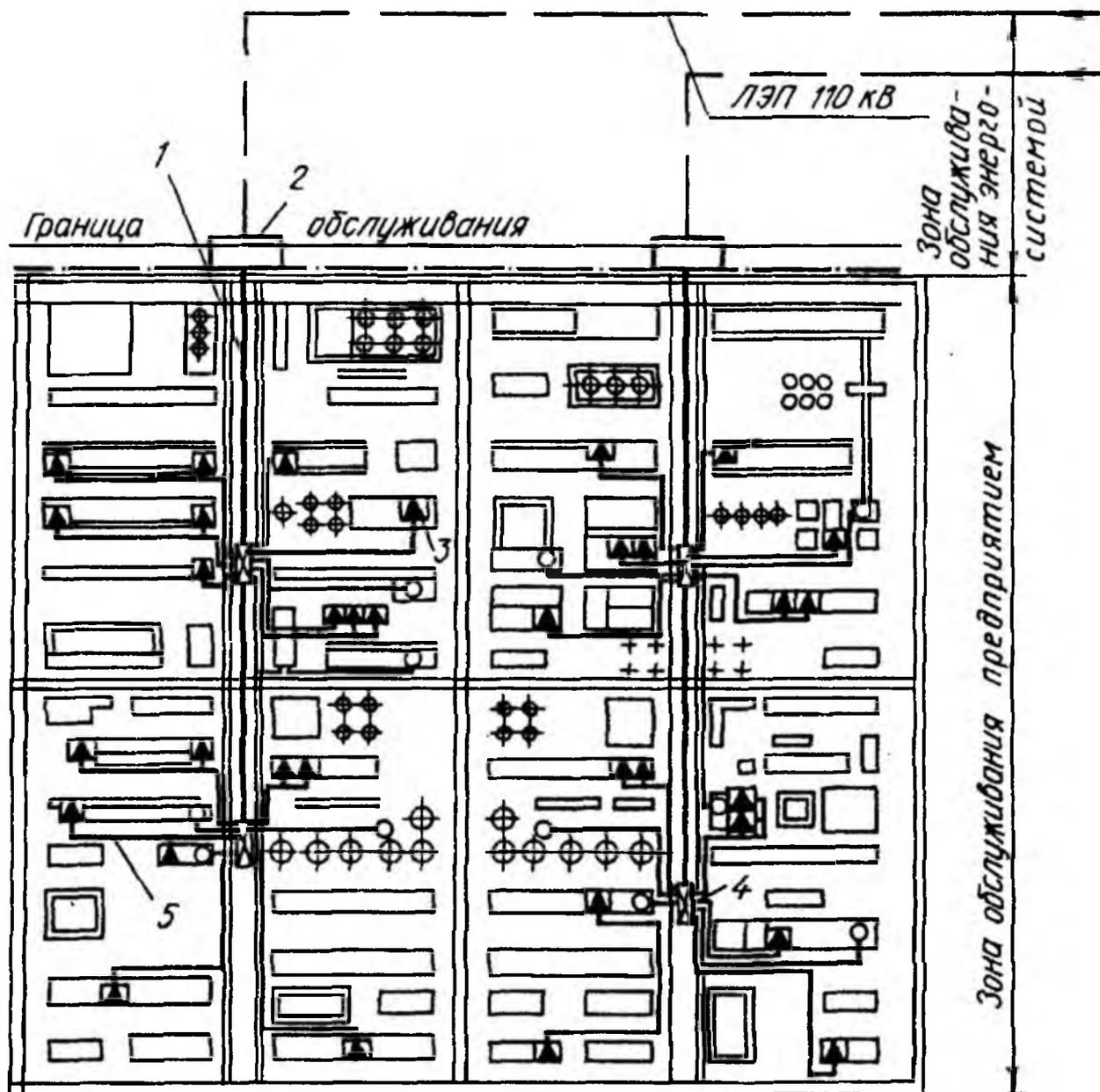


Рис. 14.1. Схема электроснабжения предприятия и зоны обслуживания электромонтерами:

1 — токопровод 10 кВ; 2 — главная понизительная подстанция; 3 — трансформаторный пункт; 4 — центральный распределительный пункт; 5 — кабельная линия

тные инструкции, базирующиеся на межотраслевых правилах безопасности при эксплуатации электроустановок. В основные обязанности электротехнического персонала промышленных предприятий входит эксплуатация электросетей и электрооборудования напряжением до 10 кВ от границы разделения эксплуатационной ответственности между снабжающей организацией и предприятием до цеховых установок включительно (рис. 14.1).

Структурой управления эксплуатацией электроустановок называют совокупность взаимосвязанных органов управления, обеспечивающих нормальное функционирование всех элементов электро-

снабжения предприятия как одного из звеньев общей производственной системы. Производственный участок представляет определенное количество рабочих мест, размещенных на обособленной территории, где выполняют однородные технологические операции. Первичным элементом производственной структуры является рабочее место. Это закрепленная за одним рабочим либо за рабочей бригадой часть производственной площади с находящимися на ней орудиями и средствами труда соответственно характеру работ, выполняемых на данном рабочем месте. Эксплуатация включает в себя техническое обслуживание, ремонт, использование и хранение электроустановок. Техническое обслуживание представляет совокупность организационных и технических мероприятий, проводимых в межремонтный период, направленных на поддержание надежности и готовности используемых и хранящихся в резерве электроустановок. Для восстановления ресурса электроустановок кроме текущих ремонтов проводят капитальные, при выполнении которых оборудование выводят из состояния использования. Основная часть эксплуатации — непосредственное использование электроустановок. Некоторые электроустановки используют в течение сравнительно коротких промежутков времени, остальное время их хранят на складе или в состоянии «холодного» резерва. Цель контрольных мероприятий — выявление возникающих в процессе работы или хранения неисправностей. Контроль состояния электроустановок проводят визуально и проверяют выходные параметры с помощью обычных измерительных приборов.

Границы ответственности за состояние и эксплуатацию электроустановок между энергоснабжающей организацией и потребителем

Объекты	Установленная граница ответственности промышленного предприятия
Электроустановки 1000 В и выше	На соединителе проходного изолятора ВЛ с наружной стороны ЗРУ и на натяжном зажиме порталной гирлянды ОРУ. На концевиках кабельных или воздушных вводов питающих или отходящих линий
ВЛ 1000 В и выше, имеющие отпайки (глухие или через разъединители) и принадлежащие различным организациям	На опоре основной линии, где произведена отпайка
Электроустановки до 1000 В (между потребителем и энергоснабжающей организацией)	При воздушном ответвлении на первых изоляторах, установленных на здании или трубостойке

Профилактические испытания в соответствии с требованиями ПТЭ проводят для предупреждения внезапных отказов, выявления

неисправностей отдельных элементов, обнаружить которые внешним осмотром не удастся. Основной рациональной системы эксплуатации является оптимальное, с точки зрения наилучших условий использования, построение системы технического обслуживания.

§ 58. СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА (ППТОР)

На промышленных предприятиях организацию эксплуатации электроустановок осуществляют в основном на базе системы ППТОР. Сущность системы ППТОР заключается в том, что помимо повседневного ухода электроустановки подвергают через определенные промежутки времени плановым профилактическим осмотрам, проверкам, испытаниям и различным видам ремонта (табл. 33, 34).

Т а б л и ц а 33. Трудоемкости ремонтов и продолжительности межремонтных периодов электроустановок общего назначения

Электроустановки	Трудоемкость ремонта, чел.-ч		Продолжительность межремонтных периодов, мес.	
	капитального	текущего	между капитальными ремонтами	между текущими ремонтами
Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором*, нормального исполнения, 380—660 В мощностью, кВт: 40—60	55	12	60**	10**
Однотрансформаторные комплектные подстанции внутренней установки*****, до 10 кВ, мощностью, кВ · А: до 160—250	300	80	144*****	36
1600—2500***	500	150		
Выключатели нагрузки на ток до 400 А	12	4	36	12
Масляные выключатели внутренней установки на ток до 3000 А, 10 кВ	60	18	36	12
Разъединители внутренней установки трехполюсные, на ток до 1000 А, 10 кВ	20	6	48	12
Воздушные линии до 1000 В, на деревянных опорах, на 1000 м длины однолинейного провода сечением до 35 мм ²	30	9	120	36
То же, но на металлических опорах	20	6	180	36
Кабельные линии до 10 кВ, проложенные в земле, на 1000 м длины кабеля сечением 95—120 мм ²	90	27	240	12

Электроустановки	Трудоемкость ре- монта, чел.-ч		Продолжительность меж- ремонтных периодов, мес.	
	капи- тального	текущего	между ка- питаль- ными ремонтами	между теку- щими ре- монтами
Автоматические воздушные выключа- тели на ток до 1000 А с рычажным и электромагнитным проводом	30	11	72	12
Магнитные нереверсивные пускатели для электродвигателей до 75 кВт	18	6	60	6
Магнитные крановые контроллеры переменного тока для двигателей 20— 100 кВт	40	14	72	6
Пусковые масляные реостаты для дви- гателей 100 кВт	20	7	96	6
Грузоподъемные электромагниты	250	75	36	6
Тормозные электромагниты перемен- ного тока	30	11		
Распределительные силовые пункты до 1000 В с двенадцатью установочными ав- томатами до 200 А	60	20	120	12
Внутрицеховые силовые сети, проло- женные в трубах, на 100 м длины одного провода сечением 95—120 мм ²	17	5		
То же, двух проводов	25	7,5	168*****	12*****
То же, трех проводов	33	10		
Осветительные сети из кабеля, прово- да, шнура сечением 3 × 2,5—4, проложен- ные по кирпичным и бетонным основаниям, на 100 м длины	36	6		
Сети заземления, на 100 м длины	8	—	180	—
Шинопроводы, на 10 м длины, для тока, А:				
600	14	4	180	—
2500	18	5	168	12

* Трудоемкость ремонта электродвигателей с фазным ротором и постоянного тока увели-
чивается в 1,5 раза, а трудоемкость ремонта без перемотки обмоток уменьшается вдвое.

** В помещениях с пыльной или химически агрессивной средой продолжительность пери-
одов между капитальными ремонтами 24 мес., а между текущими — 8 мес.

*** Для трансформаторов и комплектных трансформаторных подстанций наружной уста-
новки, расположенных в местах усиленного загрязнения, продолжительность ремонтных циклов
и периодов между текущими ремонтами может быть сокращена.

**** Первый капитальный ремонт производится не позднее, чем через 6 лет после ввода
оборудования в эксплуатацию.

***** В помещениях с повышенной опасностью продолжительность периодов между капи-
тальными ремонтами 120 мес., а между текущими — 8 мес.

Т а б л и ц а 34. Трудоемкости ремонтов и продолжительности межремонтных периодов электроустановок специального назначения

Электроустановки	Трудоемкость ремонта, чел.-ч		Продолжительность межремонтных периодов, мес.	
	капитального	текущего	между капитальными ремонтами	между текущими ремонтами
Осветительные распределительные щитки с автоматическими выключателями (до 30 шт.)	35	13	96	12
Трансформаторы для местного освещения, 2500 Вт	15	5		
Стабилизаторы напряжения	30	12	120	8
Электроосветительная арматура (10 светильников) во взрывобезопасном исполнении	10	3	—	6
Аппараты электродуговой сверки однопостовые на ток 1000 А	180	60		
Многопостовые сварочные преобразователи на ток 1000 А	220	75		
Сварочные генераторы постоянного тока передвижные на ток 1000 А	130	45		
Многопостовые сварочные выпрямители на ток 1000 А	300	100	24	6
Сварочные трансформаторы на ток 1000 А	90	30		
Балластные реостаты на ток 30 А	20	7		
Осцилляторы	23	8		
Автоматы и полуавтоматы дуговой сварки под флюсом и в защитных газах на ток 1000 А	220	75		
Машины контактной сварки, 1000 кВ · А	450	150	36	6
Электроды сопротивления периодического действия:				
камерные 100 кВт	80	28	36	6
шахтные 110 кВт	90	32		
Шкафы сушильные индукционные мощностью 50 кВт	55	8	144	12
Конвейерные электроды сопротивления непрерывного действия мощностью 100 кВт	90	27		
То же, но толкательные, 180 кВт	130	45	24	4
Вакуумные электроды сопротивления для плавки, обкатки и прокаливания, до 80 кВт	185	70	24	4
То же, но элеваторные, 50 кВт	80	28	24	4
То же, но муфельные, 25 кВт	30	10	24	4

Система ППТОР позволяет поддерживать электроустановки в состоянии, обеспечивающем их нормальные технические параметры, предотвращать частично случаи отказов, снижать расходы на ремонт, улучшать технические параметры при плановых ремонтах в результате той или иной модернизации.

За ремонтный цикл принимают период между двумя плановыми капитальными ремонтами, а для вновь вводимых в эксплуатацию электроустановок — наработку от ввода их в эксплуатацию до первого планового капитального ремонта. Последовательность выполнения различных видов ремонта и работ по техническому обслуживанию в пределах одного ремонтного цикла определяется его структурой. Ремонтный цикл и его структура являются основой системы ППТОР. Они определяют все ремонтные нормативы и экономические показатели системы ремонтов.

При капитальных ремонтах выполняют одновременно мероприятия, направленные на увеличение длительности непрерывной работы оборудования, повышение технико-экономических показателей и усовершенствование оборудования путем модернизации отдельных элементов и узлов с учетом передового опыта и новых разработок.

Ремонт электрооборудования и аппаратов, непосредственно связанных с технологическими агрегатами, производят одновременно с ремонтом последних.

Перед вводом в капитальный ремонт каждого агрегата выполняют следующие подготовительные мероприятия:

- составляют ведомость объема работ и смету, которые уточняют после вскрытия и осмотра агрегата;
- составляют график проведения ремонтных работ;
- подготавливают согласно ведомостям объемов работ необходимые материалы и запасные части;
- составляют и утверждают техническую документацию на реконструкционные работы, намеченные к выполнению в период капитального ремонта;
- приводят в исправное состояние инструмент, приспособления, такелажное оборудование и подъемно-транспортные механизмы;
- готовят рабочие места для ремонта;
- комплектуют ремонтные бригады.

Ремонт оборудования и аппаратов производят по инструкциям.

При ремонте основного и вспомогательного электрооборудования результаты центровки и балансировки, а также величины всех зазоров и другие замеры, связанные с износом и изменением состояния деталей, заносят в формуляры, а данные о выполненных работах — в ремонтный журнал или паспорт данного оборудования, электроустановки.

В процессе ремонта агрегата ответственный за электрохозяйство (или уполномоченными им лицами) производят приемку из ремонта отремонтированных узлов и вспомогательных механизмов.

При приемке основного оборудования из капитального ремонта дают оценку объема и качества ремонта, а также оценку внешнего состояния оборудования (изоляция, чистота, покраска, состояние перил и площадок и т. д.).

Вновь вводимое после ремонта оборудование испытывают в соответствии с объемом и нормами испытания электрооборудования, предусмотренными ПУЭ. Специальные испытания эксплуатируемого оборудования проводят по разработанным схемам и программам, утвержденным лицом, ответственным за электрохозяйство.

§ 59. ФОРМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК И ТИПОВЫЕ СТРУКТУРЫ ОТДЕЛА ГЛАВНОГО ЭНЕРГЕТИКА

Система ППТОР предполагает выбор и применение рациональной формы эксплуатации электроустановок на предприятии. Организационная форма эксплуатации влияет на производственную мощность ремонтных баз, качество ремонта, численность работни-

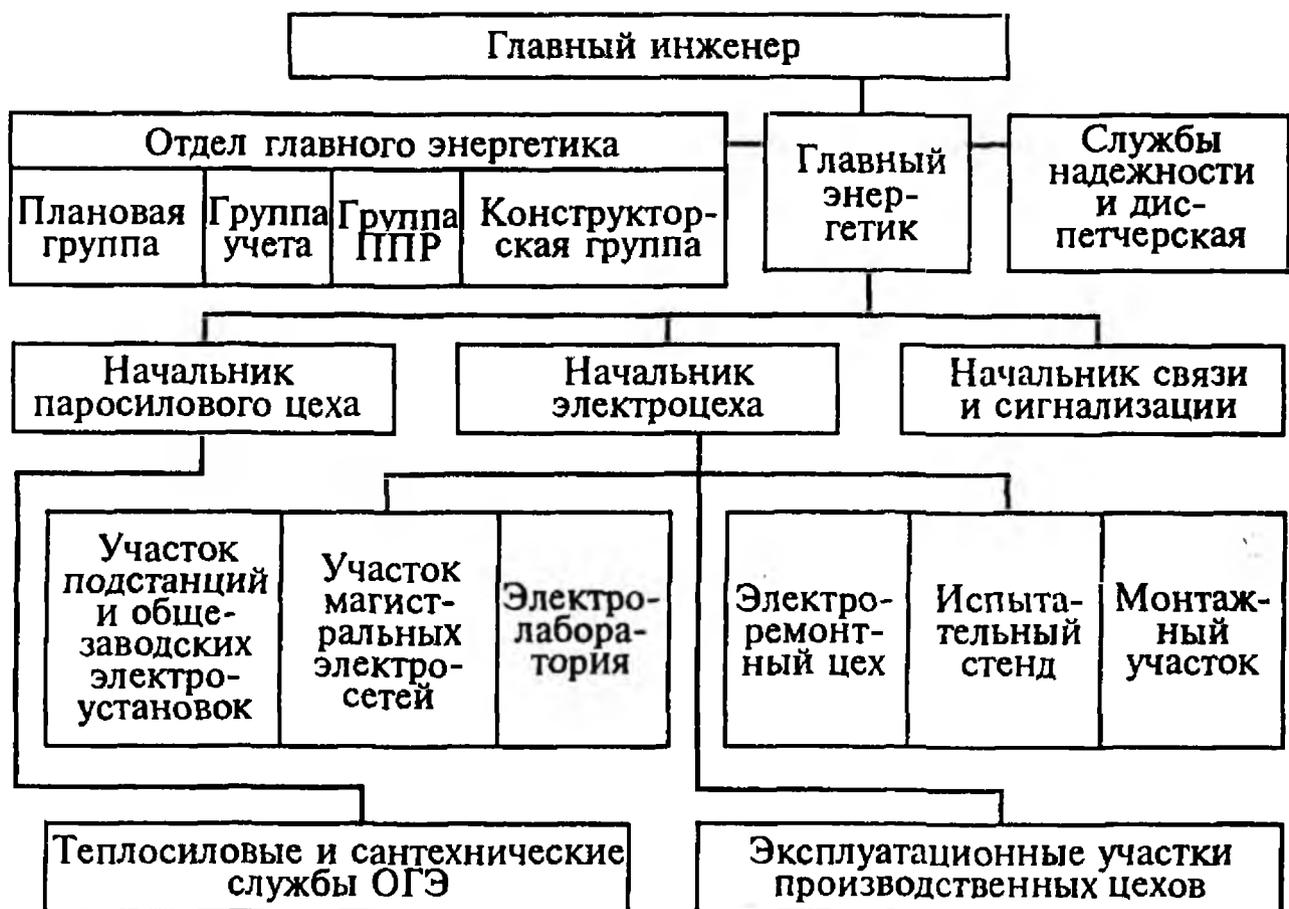


Рис. 14.2. Схема централизованного управления энергохозяйством

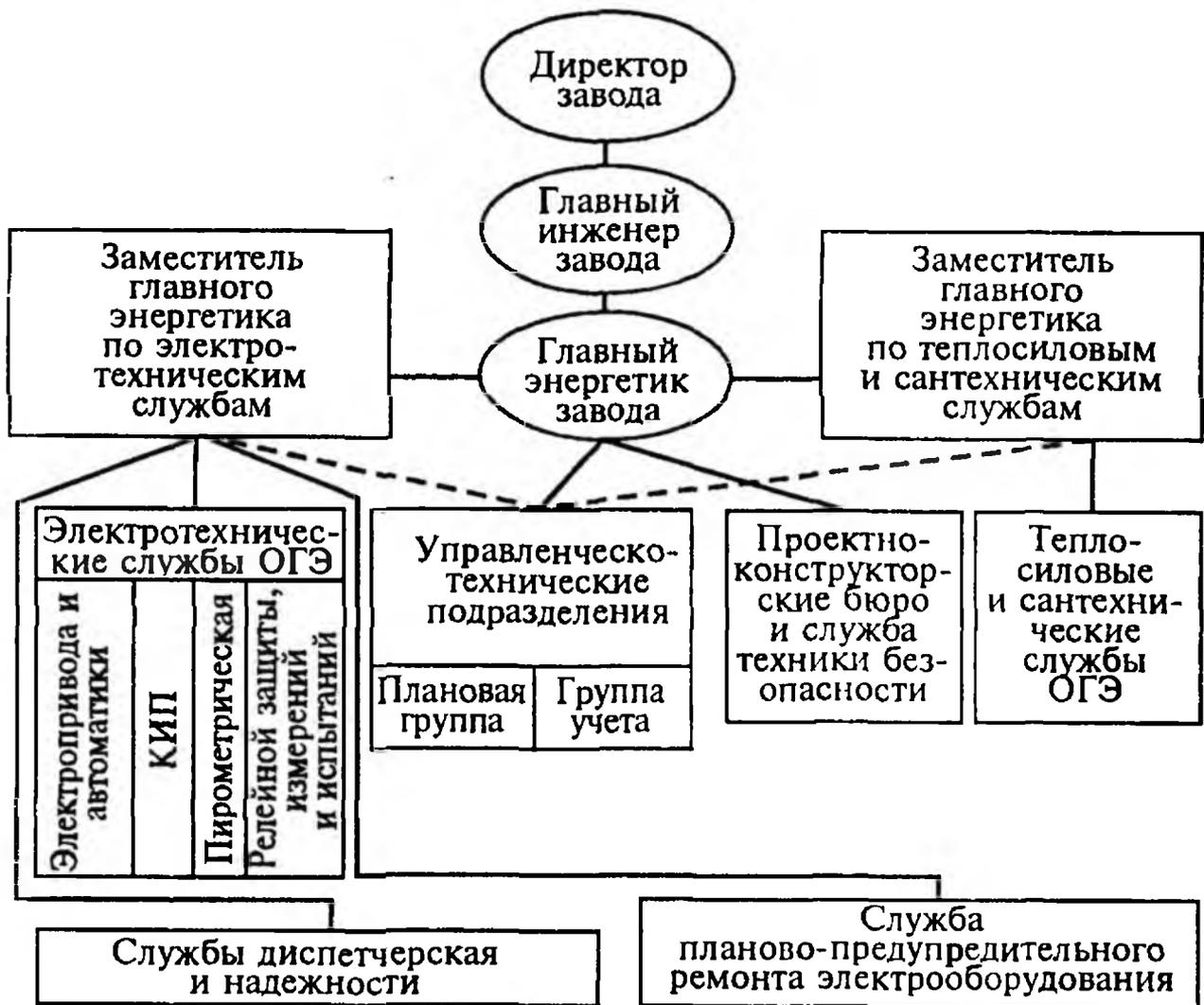


Рис. 14.3. Схема децентрализованного управления энергохозяйством

ков энергохозяйства, сроки пребывания оборудования в ремонте и стоимость ремонтных работ.

Различают три формы эксплуатации электроустановок:

централизованную (рис. 14.2), предусматривающую выполнение всех видов работ ППТОР при годовой плановой трудоемкости до 300 тыс. чел.-ч эксплуатационно-ремонтным персоналом службы Главного энергетика предприятия. Преимущества этой формы эксплуатации — лучшее оснащение технической базы ремонта, специализация работ, уменьшение производственных площадей и численности ремонтного персонала;

децентрализованную (рис. 14.3), предусматривающую выполнение большей части ремонтных работ ППТОР при годовой плановой трудоемкости до 2000 тыс. чел.-ч ремонтными службами производственных подразделений. Преимущества этой формы эксплуатации — лучшая оперативность при выполнении работ;

смешанную, предусматривающую выполнение всех видов работ ППТОР при годовой плановой трудоемкости до 5000 тыс. чел.-ч и

более. Ремонтные работы выполняются ремонтными службами производственных подразделений и персоналом службы Главного энергетика. Преимущества этой формы эксплуатации зависят от степени централизации.

Отдел Главного энергетика организует бесперебойное и рациональное снабжение производства всеми видами энергии, а также эксплуатацию электротехнического, теплосилового и сантехнического оборудования и сетей.

Для нормальной эксплуатации электроустановок на каждом промышленном предприятии должен создаваться складской резерв оборудования, аппаратуры, комплектующих изделий и запасных частей. Это резко уменьшает время простоя электроустановок в плановом или внеплановом ремонте благодаря замене отказавшего элемента новым, взятым из резерва. Отказавший элемент после ремонта поступает на склад в качестве резервного. При невозможности или нецелесообразности его ремонта эксплуатационный запас пополняют новой единицей. Парк резервных электроустановок по номенклатуре и количеству должен соответствовать нормам (табл. 35).

Т а б л и ц а 35. Нормы неснижаемого складского резерва электроустановок

Электроустановка	Количество эксплуатируемых электроустановок, шт.	Норма резерва		Примечание
		процент от эксплуатируемого парка	минимальная, шт.	
Трансформаторы, автотрансформаторы и ртутные преобразователи	—	—	1	Складской резерв предусматривается только при отсутствии горячего резерва
Выключатели нагрузки, масляные выключатели, измерительные трансформаторы, разрядники, предохранители	До 10	10	1	Резерв предусматривается, если в распределительном устройстве нет резервных ячеек
	11—50	6	1	
	Более 50	5	2	
Автоматические воздушные и установочные выключатели	51—500	3	—	—
Магнитные пускатели	51—500	4	—	—
Электрические машины	До 10	10	1	Сухие помещения
	11—50	4	1	
	51—100	2	2	
	Более 100	1	2	
	До 10	10	1	
				Горячие, химические, гальванические цехи

Электроустановка	Количество эксплуатируемых электроустановок, шт.	Норма резерва		Примечание
		процент от эксплуатируемого парка	минимальная, шт.	
	11—50	8	4	
	51—100	4	4	
	Более 100	2	4	
Рубильники переключатели	51—500	3	—	—
Конденсаторные установки для повышения коэффициента мощности	5	—	1	—
То же, но для индукционных электротермических установок	5	—	1	—
Сварочные трансформаторы	До 10	10	1	Для машин контактной сварки и сварочных автоматов складской резерв не предусматривается
	11—50	5	1	
	51—100	3	2	
Голый провод	На 1000 кг массы провода		60 кг	Воздушные линии
Изоляторы подвесные	200	—	15	—
То же, штыревые	200	—	15	—
Силовой кабель	На 1000 м линии	—	30 м	Кабельные линии
Соединительные муфты, комплект	на 1000 м линии	—	1	—
Установочный провод	На 1000 м	—	50 м	—
Шланговый кабель для передвижных установок	На 1000 м	—	80 м	—

Контрольные вопросы

1. Какие общие требования предъявляют ПУЭ к распознаванию отдельных частей электроустановок?
2. Как устанавливают границу ответственности за состояние и эксплуатацию электроустановок?
3. Что подразумевают под системой ППТОР?
4. Как организуют эксплуатацию электроустановок?
5. Какие структурные подразделения входят в ОГЭ?
6. Зачем нужен складской резерв электрооборудования и комплектующих изделий?

ГЛАВА 15. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

§ 60. ЗАДАЧИ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА

Главная задача эксплуатации электрохозяйства промышленных предприятий состоит в организации такого обслуживания электрических сетей и электрооборудования, при котором отсутствуют производственные простои из-за неисправности электроустановок, поддерживается надлежащее качество электроэнергии и сохраняются паспортные параметры электрооборудования в течение максимального времени при минимальном расходе электрической энергии и материалов.

Основные мероприятия по экономии электроэнергии на промышленных предприятиях и ее возможное значение в процентах приведено ниже.

Металлообработка	Экономия, %
Внедрение скоростного фрезерования, сверления и шлифования	25—30
Замена строгания фрезерованием	до 40
Уменьшение припусков на заготовках металлоконструкций	до 50
Высадка деталей вместо их обработки на металлорежущих станках	до 50
Замена в производственных машинах подшипников скольжения на качения	до 12
Своевременная смазка производственных машин	до 10
Своевременная замена инструмента на металлорежущих станках	до 30
Электropечи	
Увеличение массы садки	5—10
Качественная подготовка шихты	5—15
Предварительный подогрев до 600—700°С шихты	15—20
Применение оптимальной схемы короткой сети	1,4 ÷ 1,5
Окраска кожуха печи снаружи алюминиевой краской	2—5
Уменьшение потерь тепла с отходящими газами	3—6
Сокращение простоев печи	7—8
Плавка в печах с кислой футеровкой	15—20
Применение кислорода	5—15
Сокращение периода плавки в печах с основной футеровкой	80 кВт · ч/т
Внедрение быстродействующих установок автоматического управления передвижением электродов	8—10
Электropечи сопротивления	
Улучшение тепловой изоляции	20—25

Применение предварительного подогрева изделий	25—40
Автоматизация управления режимом печей	10—20
Сокращение (путем совершенствования) длительности технологического процесса	5—10
Применение индукционного нагрева:	
а) при частоте 50—10000 Гц	в 2 раза
б) при частоте свыше 10000 Гц	в 3 раза

Компрессорные установки

Внедрение прямооточных клапанов в поршневых компрессорах	7—10
Резонансный наддув поршневых компрессоров	3—5
Замена сжатого воздуха при выбивке опок другими энергоносителями	в 15 раз
Замена пескоструйной очистки литья на дробеструйное	в 4 раза
Замена пневмоинструмента электроинструментом	7—10
Замена сжатого воздуха вентиляторным дутьем	в 1,5 раза

Насосные установки

Уменьшение сопротивления трубопроводов	3—7
Внедрение оборотного водоснабжения	15—20

Вентиляционные установки

Применение многоскоростных электродвигателей, вместо регулирования шиберами в напорной линии	20—30
Регулирование вытяжной вентиляции шиберами на рабочих местах, вместо регулирования на нагнетание	до 10
Применение «Экоооентов» и других теплообменных аппаратов, использующих низкопотенциальное тепло	до 30
Блокировка вентиляторов тепловых завес с воротами	до 20
Блокировка индивидуальных вытяжных систем	до 25

Осветительные установки

Правильный выбор типа ламп и светильников	3—25
Своевременное включение источников света в светлую часть суток	10—20
Своевременная чистка светильников	10—30
Поддержание номинального уровня напряжения в осветительной сети	2—5

Электросети

Включение под нагрузку резервных линий электропередачи	потери снижаются в 2 раза
Установка ограничителей холостого хода рабочих машин	5—12

Замена электродвигателей с нагрузкой до 45 % от номинальной, на электродвигатели меньшей мощности	3—10
---	------

Электросварочные установки

Замена ручной сварки на автоматизированную	в 2 раза
Правильный выбор марки электродов	8—12
Устранение холостого хода сварочных агрегатов	до 15

Для надежного, безопасного и рационального обслуживания электроустановок и содержания их в исправном состоянии, обслуживающий персонал должен ясно представлять технологические особенности своего предприятия, строго соблюдать трудовую и технологическую дисциплину, знать и выполнять действующие правила техники безопасности, инструкции и другие руководящие материалы.

Ответственность за выполнение ПТЭ на каждом предприятии установлена должностными положениями, утвержденными руководством данного предприятия.

На каждом предприятии приказом (или распоряжением) администрации из числа специально подготовленного электротехнического персонала (ИТР) назначают лицо, отвечающее за общее состояние эксплуатации всего электрохозяйства предприятий.

Остальной электротехнический персонал предприятия несет ответственность за соблюдение ПТЭ в соответствии с возложенными на него обязанностями.

Администрация мелких предприятий обеспечивает обслуживание электроустановок путем передачи их эксплуатации по договору специализированной эксплуатационной организации или содержит соответствующий по квалификации персонал на долевых началах с другими такими же предприятиями.

Без наличия соответствующего электротехнического персонала эксплуатация электроустановок запрещается.

Лицо, ответственное за электрохозяйство предприятия, обеспечивает:

- организацию обучения, инструктирование и периодическую проверку знаний подчиненного персонала, обслуживающего электроустановки;
- надежную, экономичную и безопасную работу электроустановок;
- разработку и внедрение мероприятий по экономии электроэнергии, удельных норм на единицу продукции, а также по повышению коэффициента мощности;
- внедрение новой техники в электрохозяйство, способствующей более надежной, экономичной и безопасной работе электроустановок, а также повышению производительности труда;

— организацию и своевременное проведение планово-предупредительного ремонта и профилактических испытаний электрооборудования, аппаратуры и сетей;

— систематическое наблюдение за графиком нагрузки предприятия и принятие мер по поддержанию режима, установленного энергосистемой;

— организацию учета электроэнергии, ведение установленной отчетности и своевременное ее представление вышестоящим организациям;

— наличие и своевременную проверку защитных средств и противопожарного инвентаря;

— выполнение предписаний Госэнергонадзора в установленные актом сроки;

— своевременную организацию расследования аварий и браков в работе электроустановок, а также несчастных случаев от поражения электрическим током.

За правильную и безопасную эксплуатацию электроустановок цехов и других производственных участков, наряду с главным энергетиком предприятия, отвечают также энергетики этих цехов и участков и главный инженер предприятия (по своему положению).

Если работник обнаружил нарушения ПТЭ или заметил неисправность электроустановки, защитных средств по технике безопасности он должен немедленно сообщать об этом своему начальнику, а в его отсутствие — вышестоящему руководителю.

В случаях, когда неисправность в электроустановке, представляющую явную опасность для окружающих людей или самой установки, может устранить работник, ее обнаруживший, он обязан это сделать немедленно, а затем известить об этом непосредственного начальника.

Устранение неисправности нужно производить при строгом соблюдении правил безопасности.

За аварии и брак в работе на электроустановках несут ответственность:

— работники, непосредственно обслуживающие электроустановки, — за каждые аварию и брак в работе, происшедшие по их вине, а также за неправильную ликвидацию любых аварий и брака в работе на обслуживаемом им участке;

— работники, производящие ремонт оборудования, — за каждые аварию и брак в работе, происшедшие из-за низкого качества ремонта;

— оперативный и оперативно-ремонтный персонал — за аварии и брак в электроустановках, происшедшие по их вине, а также по вине подчиненного им персонала.

§ 61. КВАЛИФИКАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРОВ

Электромонтер 2-го разряда по обслуживанию электрооборудования и сетей должен уметь: 1) обслуживать силовые и осветительные электроустановки с несложными схемами включения; 2) выполнять несложные работы на ведомственных электростанциях, трансформаторных электростанциях с полным их отключением от напряжения под руководством электромонтеров более высокой квалификации; 3) производить проверку и плановый предупредительный ремонт обслуживаемого оборудования; 4) определять причину неисправности и устранять несложные повреждения в силовых и осветительных сетях, пускорегулирующей аппаратуре и электродвигателях; 5) разделявать, сращивать, паять и изолировать провода для напряжения до 1000 В; 6) заряжать, устанавливать несложную осветительную арматуру (нормальную и пылезащищенную с лампами накаливания), выключатели, штепсельные розетки, стенные патроны и промышленные прожекторы; 7) проверять сопротивление изоляции электроустановок мегомметром; 8) устанавливать и регулировать электрические приборы сигнализации; 9) правильно организовывать и содержать рабочее место, экономно расходовать материалы, инструмент и электроэнергию; 10) соблюдать правила техники безопасности, гигиены труда, противопожарные правила, правила внутреннего распорядка; 11) применять при техническом обслуживании электрооборудования наиболее целесообразные и современные методы организации труда. Электромонтер 2-го разряда должен знать: 1) основы электротехники; 2) принцип работы электродвигателей, генераторов, трансформаторов, аппаратуры управления и измерительных приборов; 3) электрические материалы, их свойства и назначение; 4) способы сращивания и пайки проводов низкого напряжения; 5) правила включения и выключения электродвигателей; 6) правила оказания первой помощи при поражении электрическим током; 7) схему питания и расположения оборудования на обслуживаемом участке; 8) общие сведения о релейной защите и разновидностях реле; 9) правила зарядки и установки осветительной арматуры; 10) назначение и условия применения наиболее распространенных универсальных и специальных приспособлений, контрольно-измерительных приборов; 11) основы организации экономики производства и НОТ; 12) Основные сведения по стандартизации и контролю качества продукции; 13) причины брака; меры его предупреждения и устранения; 14) правила техники безопасности, пожарной безопасности и внутреннего распорядка; 15) правила гигиены труда и производственной санитарии.

Требования к аттестации электромонтеров по обслуживанию электрооборудования и сетей на 3-й разряд

Электромонтер 3-го разряда дополнительно к требованиям, предусмотренным квалификационной характеристикой электромонтера 2-го разряда, должен уметь: 1) обслуживать силовые и осветительные электроустановки со схемами включения средней сложности; 2) выполнять несложные работы на ведомственных электростанциях и трансформаторных подстанциях с полным их отключением от напряжения; 3) проводить оперативные переключения в электросетях, ревизию, трансформаторов, выключателей, разъединителей и приводов к ним без разборки конструктивных элементов; 4) регулировать нагрузку электрооборудования на обслуживаемом участке; 5) проверять мегомметром состояние изоляции и измерять величину ее сопротивления у электродвигателей, трансформаторов и кабельных сетей; 6) выявлять и устранять неисправности и повреждения электроустановок; 7) разделявать, сращивать, изолировать и паять провода напряжением выше 1000 В; 8) обслуживать, устанавливать и включать электроизмерительные приборы и электросчетчики; 9) обслуживать и производить ремонт электродвигателей мощностью до 100 кВт, пускорегулирующей аппаратуры распределительных устройств напряжением до 1000 В; 10) заряжать и обслуживать сложную осветительную арматуру (взрывонепроницаемую) с лампами накаливания и устанавливать люминесцентные светильники.

Электромонтер 3-го разряда должен знать: 1) устройство обслуживаемых электродвигателей, генераторов, трансформаторов, аппаратуры распределительных устройств, электросетей и электроприборов, масляных выключателей, предохранителей, контакторов, аккумуляторов, статических конденсаторов, контроллеров, выпрямителей; 2) правила и нормы испытания изоляции обмоток мегомметром; 3) приемы и способы сращивания и пайки проводов высокого напряжения; 4) основные требования к релейной защите; 5) приемы нахождения и устранения неисправностей в электросетях и электромашинах; 6) принципы работы реостатов, автотрансформаторов, электроприводов с полуавтоматическим управлением; 7) определение допустимых нагрузок на трансформаторы, электродвигатели, кабели и провода; 8) устройство универсальных и специальных приспособлений, простых и средней сложности контрольно-измерительных приборов.

§ 62. ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА

Персонал, обслуживающий электроустановки, до назначения на самостоятельную работу или при переводе на другую, обязан пройти производственное обучение на рабочем месте. Это относится и к

персоналу, имевшему перерыв в работе свыше 6 месяцев. Занятия проводит опытный работник из состава электротехнического персонала предприятия, к которому прикреплен обучающийся приказом или распоряжением по предприятию, цеху, участку. После окончания подготовки обучаемый в специальной комиссии проходит проверку знаний по правилам технической эксплуатации, правилам технической безопасности, должностным и эксплуатационным инструкциям, техминимуму по обслуживаемому оборудованию.

После проверки знаний каждый работник оперативного и оперативно-ремонтного персонала должен пройти стажирование исполняющего обязанности по рабочему месту продолжительностью не менее 2-х недель под руководством опытного работника. Для ремонтного персонала этого не требуется.

Периодическую проверку знаний ПТЭ, ПТБ и производственных инструкций производят 1 раз в год — для персонала, непосредственно обслуживающего действующие электроустановки, проводящего в них наладочные, электромонтажные, ремонтные работы или профилактические испытания, а также персонала, оформляющего распоряжения и организующего эти работы.

Лиц, допустивших нарушение ПТЭ, ПТБ или производственных инструкций подвергают внеочередной проверке знаний.

При неудовлетворительной оценке знаний ПТЭ, ПТБ повторную проверку производят в сроки, установленные квалификационной комиссией, но не ранее чем через 2 недели.

Персонал, показавший неудовлетворительные знания при третьей проверке, переводят на другую работу, не связанную с обслуживанием электроустановок.

Если срок окончания действия удостоверения приходится на время отпуска или болезни персонала, допускают продление действия удостоверения на 1 мес. без специального оформления.

Срок действия удостоверения лица, повторно проходящего проверку знаний в связи с получением неудовлетворительной оценки, продлевает квалификационная комиссия до срока, назначенного для второй или третьей проверки, если нет специального решения комиссии о временном отстранении этого лица от работы в электроустановках.

Проверку знаний ПТЭ и ПТБ электротехническим персоналом мелких предприятий, производит комиссия, созданная при вышестоящей организации, с участием руководителя предприятия, организации, учреждения, где работает проверяемый.

Каждому работнику, успешно прошедшему проверку, выдают удостоверение (форма 1) с присвоением квалификационной группы

по технике безопасности (II—V). Удостоверение дает право на обслуживание электроустановок.

Стр. 1

Ф о р м а 1

**Удостоверение о проверке знаний ПТЭ и
ПТБ при эксплуатации электроустановок
потребителей**

Наименование предприятия
.....

Стр. 2

Удостоверение №

Тов.
Должность
Допущен к работе в электроустановках напряжением
Цеха, отдела
В качестве персонала
Дата выдачи
м. п. Лицо, ответственное за электрохозяйство Подпись

Стр. 3.

Результаты проверки знаний

Дата	Причина проверки	№ записи в журнале	Общая оценка, квалификационная группа	Подпись председателя комиссии

Стр. 4.

**Свидетельство на право проведения
специальных работ**

Дата	Допущен к выполнению работ	Подпись председателя комиссии

Стр. 5. Памятка. Проверка знаний производится не реже одного раза в 3 года.

Без печати и отметок о результатах проверки и подписей недействительно.

Допуск к самостоятельному дежурству или самостоятельной работе в электроустановках оформляют специальным распоряжением по предприятию, цеху, участку.

Для овладения персоналом наиболее совершенными методами работы, повышения знаний по устройству и эксплуатации оборудования организуют:

— курсовое (групповое, индивидуальное) обучение по повышению квалификации;

— изучение ПТЭ, ПТБ, ПУЭ инструкций и других правил, относящихся к работе данных установок;

— проводят противоаварийные тренировки на рабочих местах для обучения эксплуатационного персонала наилучшим способам и приемам быстрого предупреждения и ликвидации неполадок и аварий;

— периодически (не реже 1 раза в квартал) проводят производственный инструктаж непосредственно на рабочих местах для обучения персонала правильному и безопасному уходу за оборудованием, рациональным методам работы.

§ 63. ОБЯЗАННОСТИ И ВИДЫ РАБОТ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ ЭЛЕКТРОМОНТЕРОМ

Техническое обслуживание представляет собой комплекс работ, проводимых для поддержания в исправном состоянии электроустановок при использовании их по назначению, а также при хранении и транспортировке. Оно состоит из повседневного ухода за электроустановками; контроля режимов их работы, наблюдения за исправным состоянием; проведения осмотров; контроля за соблюдением правил технической эксплуатации, инструкций заводов-изготовителей и местных инструкций.

Техническое обслуживание — важное звено системы ППТОР, предупреждающее аварийные ситуации; оно выполняется силами оперативного и оперативно-ремонтного персонала и проводится в процессе работы электроустановок во время перерывов, нерабочих дней и смены.

К оперативному электротехническому персоналу предприятий относят всех работников, обслуживающих посменно производственные электроустановки данного предприятия и допущенных к оперативным переключениям.

Оперативное обслуживание осуществляет одно лицо или несколько лиц. Решение о количестве оперативного персонала в смене или на электроустановке определяет лицо, ответственное за электрохозяйство.

Оперативный персонал работает по утвержденному графику.

В случае необходимости, с разрешения лица, ответственного за электрохозяйство предприятия, участка, цеха, допускается замена одного дежурного другим.

Дежурство в течение двух смен подряд, как правило, запрещается.

Старший по смене дежурный по электрохозяйству обязан выполнять требования диспетчера электроснабжающей организации и сотрудников энергосбыта по снижению электрической загрузки; требования диспетчера энергоснабжающей организации о переключении питающих и транзитных линий, а также отключении отдельных линий при аварийном положении в энергоснабжающей организации.

Старший по смене дежурный обязан немедленно ставить в известность диспетчера энергоснабжающей организации об авариях, вызывающих отключение одной или нескольких линий, питающих предприятие, согласовывать с начальником цеха или диспетчером предприятия все операции, связанные с отключением технологического оборудования, за исключением аварийных случаев.

Придя на работу, дежурный должен принять смену от предыдущего, а после окончания работы сдать смену следующему дежурному в соответствии с графиком.

Уход с дежурства без сдачи смены запрещается. В исключительных случаях оставление рабочего места допускается с разрешения вышестоящего лица.

При приемке смены дежурный обязан:

— ознакомиться с состоянием, схемой и режимом работы оборудования на своем участке путем личного осмотра в объеме, установленном инструкцией;

— получить сведения от сдающего смену об оборудовании, за которым необходимо вести тщательное наблюдение для предупреждения аварии или неполадок, и об оборудовании, находящемся в ремонте или резерве;

— проверить и принять инструмент, материалы, ключи от помещений, средства защиты, оперативную документацию и инструкции;

— ознакомиться со всеми записями и распоряжениями за время, прошедшее с его последнего дежурства;

— оформить приемку смены путем записи в журнале или ведомости, на оперативной схеме за своей подписью и подписью сдающего смену;

— доложить непосредственному старшему по смене о вступлении на дежурство и о неполадках, замечаниях при приеме смены.

Дежурный, сдавший смену, обязан доложить об этом старшему по своей смене.

Принимать и сдавать смену во время ликвидации аварии, производстве переключений оборудования запрещается.

При длительном времени ликвидации аварии (более двух смен) сдачу смены можно производить только с разрешения администрации.

В обязанности электромонтера по обслуживанию электрооборудования в цехах промышленных предприятий входят:

профилактический осмотр электрооборудования;

осмотр защитных средств, креплений, постов и кнопок управления;

регулировка пускателей, реле, приборов и другого электрооборудования;

контроль за соблюдением правил технической эксплуатации электроустановок;

работы по устранению неисправностей электрооборудования;

профилактические работы по поддержанию в исправном состоянии искусственного общего и местного освещения;

проверка и устранение неисправностей в устройстве заземления;

оформление технической документации по учету работы электрооборудования, регистрация неисправностей.

В процессе обслуживания электроустановок могут выполняться следующие работы:

обнаружение неисправностей в электрических цепях;

разборка и сборка электроаппаратуры и электрооборудования;
нарезание резьбы, сверление, шлифование, опиловка напиль-
никами, резка и рубка металлов, гибка и рихтовка;
промывка и чистка деталей;
замеры напряжения и тока в электрических цепях;
замена сгоревших плавких вставок, электрических ламп и электродвигателей.

Работы в электроустановках производят *по наряду, распоряжению, в порядке текущей эксплуатации.*

Организационные и технические мероприятия, которые необходимо выполнять при проведении работ в электроустановках, подробно изложены в ПТБ, а краткие сведения о них приведены ниже.

Наряд — это письменное задание на работу в электроустановках, оформленное на бланке и определяющее место, время начала и окончания работы, условия ее безопасного проведения, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность работы. Примерная форма наряда приведена ниже.

Распоряжение — это задание на работу в электроустановках, оформление в оперативном журнале лицом, отдавшим распоряжение, либо лицом оперативного персонала, получающим распоряжение в устной форме непосредственно или при помощи средств связи от лица, отдающего распоряжение.

Текущая эксплуатация — это проведение работ оперативным (оперативно-ремонтным) персоналом на закрепленном участке в течение одной смены.

Все работы, производимые в электроустановках *без наряда*, выполняют по распоряжению лиц, уполномоченных на это с оформлением в оперативном журнале.

Распоряжение на производство работ имеет разовый характер, выдается на одну работу и действует в течение одной смены или 1 ч. При необходимости повторения, продолжения, изменения работы или состава бригады распоряжение должно отдаваться заново с оформлением в оперативном журнале.

Форма наряда для работы в электроустановках

Предприятие _____
(наименование)

Наряд № _____

Производителю работ, наблюдающему _____
(нужное подчеркнуть) (фамилия, инициалы, группа)

Поручается _____

(указывается установка, присоединения, основные работы)

Условия производства работы _____

(с частичным или полным снятием напряжения, под напряжением, вдали, вблизи от токопроводящих частей, находящихся под напряжением, с наложением заземления, без наложения заземления, с временным снятием заземления, где и для чего)

Особые условия _____

Начало работы _____ ч _____ мин _____ дня _____ мес. _____ г.

Конец работы _____ ч _____ мин _____ дня _____ мес. _____ г.

Ответственный руководитель _____
(фамилия, инициалы, группа)

Члены бригады _____ чел. _____
(фамилия, инициалы, группа)

Выдающий наряд (ответственный руководитель) _____
(подпись)

Для работы, указанной в наряде

Должны быть отключены _____ Отключены _____
(указать, какие выключатели) (указать, какие выключатели)

_____ (указать, какие выключатели) _____ (разъединители)

_____ (разъединители) Установить заземления _____

Установлены заземления _____
(указать точно, где) (указать, где и номер заземления)

_____ (указать точно, где) Ограждения поставлены, плакаты вывешены _____
(указать, где)

Поставить ограждения, повесить плакаты _____ Остаются под напряжением _____
(указать токопроводящие части)

Наряд выдал _____ (подпись) _____
ремонтируемого присоединения,

Наряд получил _____ ч _____ мин _____
близлежащие к рабочим местам,

_____ дня _____ мес. _____ 19 _____ г. _____
и части других присоединений,

Допускающий _____
расположенные в пределах рабочих мест)

Допускающий _____
(подпись)

Подготовку рабочего места проверил ____ ч ____ мин ____ дня ____ мес. ____ 19 ____ г.

Ответственный руководитель

(производитель работ) _____
(подпись)

Изменения в составе бригады _____

Введены в состав бригады (фамилия, инициалы, группа)	Выведены из состава бригады (фамилия, инициалы, группа)	Дата, время	Разрешил (подпись)

Оформление ежедневного допуска к работе, окончания работы, перевода на другое рабочее место

Наименование рабочего места	Допущен к работе			Окончание работы		
	Дата, время	Допускающий	Производитель работ	Дата, время	Производитель работ	Ответственное лицо оперативно-го персонала

Работа по наряду полностью окончена ____ ч ____ мин ____ дня ____ мес. ____ 19 ____ г.

Персонал выведен, инструмент и материалы убраны, наряд и ключи сданы.

Ответственный руководитель

(производитель работ) _____
(подпись, дата)

Оборудование и рабочее место приняты, поставлены заземления

№ _____ всего _____ шт. _____ сняты, наряд закрыт.

Ответственное лицо оперативного

персонала _____
(подпись, дата)

Наряд проверен _____
(дата и подпись, выдавшего наряд)

Исправления в тексте наряда и перечеркивания не допускаются.

Графы, не требующие заполнения, прочеркиваются.

Включение и отключение отдельных производственных механизмов, агрегатов или группы механизмов при помощи пусковой аппаратуры могут производить лица, работающие на этих механизмах и агрегатах, прошедшие соответствующий инструктаж и имеющие право самостоятельного обслуживания этих агрегатов и механизмов.

Переключения в части распределительного устройства, обслуживаемого энергосистемой, производят только с разрешения ответственного лица энергосистемы и только лица, включенные в список, согласованный с диспетчером энергосистемы.

При одиночном дежурстве на подстанциях и цеховых электроустановках операции в схемах электрических устройств производят одним лицом, кроме наложения заземления.

Включение и отключение выключателей и разъединителей со щита управления во всех случаях производит одно лицо.

Повторное включение отключившегося масляного выключателя в случае, когда привод его не защищен стенкой или металлическим щитом, может быть произведено без предварительной проверки отключившегося объекта только дистанционно.

Простые переключения в схемах электрических установок напряжением выше 1000 В и *сложные переключения* в распределительных устройствах, оборудованных полностью блокировочными устройствами от неправильных операций с разъединителями, производят без бланков переключений, но с записью в оперативном журнале.

В схемах электрических установок напряжением выше 1000 В, когда распределительные устройства не оборудованы или оборудованы не полностью блокировочными устройствами от неправильных операций с разъединителями, сложные переключения производят по бланкам переключений с записью в оперативном журнале.

При ликвидации аварий переключения производят без бланков с последующей записью операций в оперативном журнале.

В распределительных устройствах устанавливают следующий порядок производства переключения:

— лицо, получившее распоряжение о производстве переключений, обязано записать задание в оперативный журнал (при отсутствии звукозаписи переговоров), повторить его и установить по оперативной электрической схеме или схеме-макету порядок предстоящих операций;

— при выполнении переключений двумя лицами лицо, получившее распоряжение, обязано разъяснить второму лицу, участвующему в переключении, порядок и последовательность предстоящих операций по оперативной схеме;

— при возникновении сомнений в правильности производства операций переключения должны быть прекращены, а последова-

тельность производства переключений должна быть повторно проверена по оперативной схеме.

Объем заданий по производству оперативных переключений определяет вышестоящий дежурный персонал.

§ 64. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ДЕЖУРНОГО ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Правильная организация рабочего места обеспечивает рациональные движения работающего и сокращает до минимума затраты времени на отыскание и использование инструмента и материалов (рис. 15.1).

Передвижной стол *1* используют при разборке, промывке и сборке различного электрооборудования. Он также служит транспортным средством для перевозки груза. Столешница облицована бумажно-слоистым пластиком с окантовкой из стального уголка. В нижней части стола имеется металлическая полка из стального листа толщиной 1,5 мм, предназначенная для складирования технологической оснастки и вспомогательных материалов. Стол установлен на колеса (с ободом из маслостойкой резины) с подшипниками качения. Это обеспечивает хорошую маневренность и не требует больших усилий на его передвижение.

Верстак *2* состоит из двух тумб, имеющих по пять ящиков с ложементами, в которые укладывают слесарный и измерительный инструменты, приборы, запасные части, электроаппаратуру, крепежные детали и вспомогательные материалы; выдвижных ящиков на рамках, имеющих центральный замок; верхнего ящика тумбы и среднего ящика для документации, закрывающихся на верхний

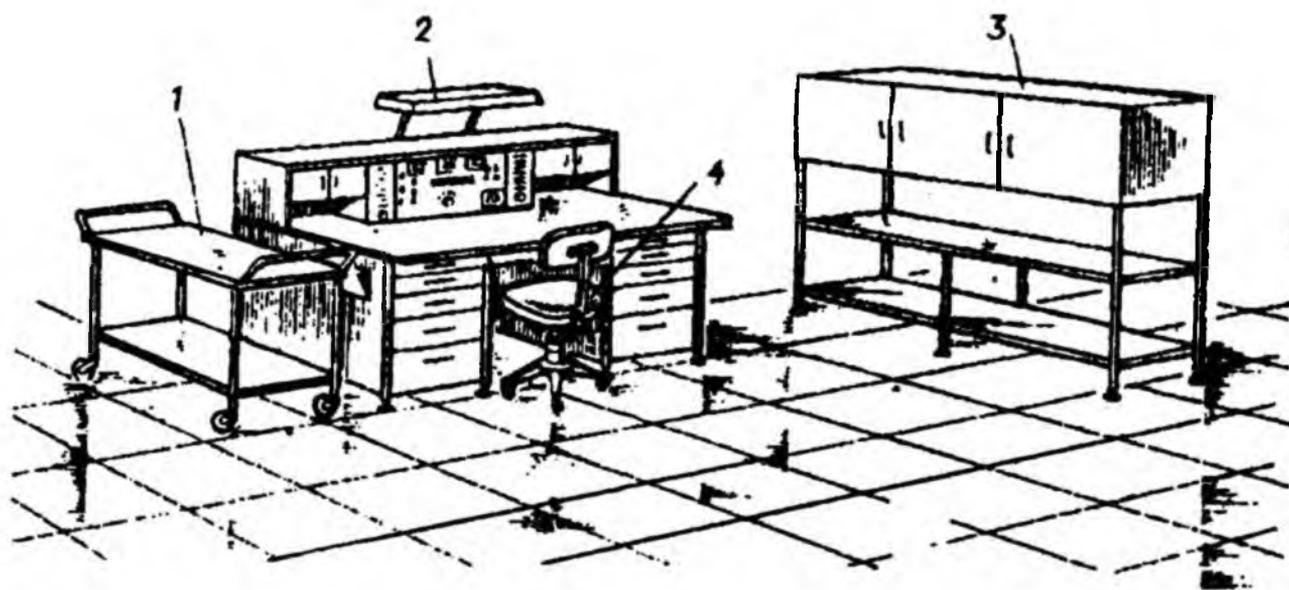


Рис. 15.1. Рабочее место дежурного электромонтера:

1 — передвижной стол; *2* — верстак; *3* — шкаф-стеллаж; *4* — стол-табуретка

замок; столешницы; настольного распределительного щита с подведенным к нему переменным напряжением 380 В, снимаемым напряжением 6, 12, 24, 36, 127, 220 В и двух сигнализационных пультов для вызова электромонтера с 30 рабочих мест (30 точек); настольного шкафчика с запасными деталями и телефоном для связи с абонентами завода.

Шкаф-стеллаж 3 предназначен для хранения крупных приспособлений и запасного инструмента, используемого при ремонте электрооборудования. В верхних отделениях хранятся различные материалы, необходимые для проведения ремонта. Каркас шкафа-стеллажа выкрашен серой эмалью.

Переносную сумку дежурный электромонтер использует для переноски инструмента и измерительной аппаратуры, приспособлений, мелких деталей для ремонта электрооборудования на участках цеха.

Конструкция *стула-табурета 4* позволяет предусматривать наиболее удобную рабочую позу: сиденье легко и быстро может быть поднято или опущено.

На рабочем месте должна находиться техническая и учетная документация, должностная инструкция, а также документация по безопасности и организации труда.

В техническую документацию входят электрические схемы наиболее сложных станков, подъемно-транспортного оборудования, принципиальная электрическая схема питания цеха (участка) электроэнергией, электрическая схема распределительных щитов и т. п.

Учетная документация отражает простои оборудования и работу электромонтера. Одна из видов такой документации — эксплуатационный (оперативный) журнал.

В качестве обязательного документа на рабочем месте должна находиться инструкция по безопасности труда для цехового электромонтера, обслуживающего электроустановки напряжением до и выше 1000 В.

К документации по организации труда относят *календарный график плановых осмотров, сменно-часовой график и карту организации труда дежурного электромонтера.*

Рабочее место должно быть оформлено в соответствии с требованиями технической эстетики.

Рабочая одежда электромонтеров должна быть удобной, не стеснять движений при работе и состоять из куртки, брюк и берета (берет яркого цвета — красный, оранжевый или коричневый). Материал — костюмная ткань с капроновым волокном, гладкокрашенная, синего цвета. На верхнем кармане куртки должна быть эмблема службы Главного энергетика.

Электромонтер длительное время находится на ногах, его работа связана с повышенным напряжением внимания (в течение смены

электромонтер в среднем совершает до 740 различных трудовых действий), поэтому время на отдых должно составлять не менее 5 % отработанного времени.

§ 65. НАУЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

В основу организации труда электромонтера положен планово-предупредительный характер технического обслуживания и ремонта электроустановок. Это позволяет полностью согласовать систему обслуживания электроустановок с системой оперативно-производственного планирования. Работы, выполняемые электромонтером, планируются по календарному графику планово-предупредительных осмотров (табл. 36) и сменно-часовому графику, определяющему время, объем и целесообразную очередность (маршруты) выполнения работ (табл. 37).

При получении сигнала о неисправности электроустановки электромонтер устраняет ее и продолжает осмотр по сменно-часовому графику. Мастер или рабочий участка вызывает электромонтера с помощью вызывной сигнализации или по телефону. Если электромонтера нет на рабочем месте, его вызывают по общецеховой поисковой сигнализации (радио, телефон и т. п.). Сигналы о неисправности электроустановок от рабочих (при наличии в цехе установок «Сигнал», АРП-ІМ) поступают к диспетчеру, а от него по телефону — к электромонтеру.

Уходя с рабочего места, электромонтер фиксирует свое временное местонахождение в календаре-указателе.

В соответствии с календарным графиком плановых осмотров оборудования выполняются следующие работы:

при ежедневных осмотрах производят выявление дефектов работы и состояние электрооборудования (степень нагрева корпуса и подшипников электродвигателя, превышение нормы шумов); контроль за местным освещением станочного оборудования (смена ламп, очистка арматуры);

при декадных — выявление дефектов работы, проверка крепления электродвигателя, исправности заземления, степени нагрева корпуса и подшипников, исправности работы вентиляции и охлаждения, обнаружение превышения нормы шумов в работе электродвигателя; контроль за общим освещением цеха, участка (смена ламп, стартеров и светильниках, замена патронодержателей); очистка, наружный осмотр и протирка арматуры;

при месячных осмотрах — выявление дефектов работы; проверка прочности и плотности неподвижных жестких соединений электродвигателя с фундаментом, кронштейнов; снятие крышек для проверки электрических соединений, аппаратуры управления, про-

Т а б л и ц а 36. Календарный график плановых осмотров электрооборудования станков

Инвентар- ный номер	Наименование оборудования	Тип	Числа месяца												
			1	2	3	4	5	6	7...	...28	29	30			
21	Строгальный станок	716				0									
24	То же	781					0								
125	Фрезерный станок	6A54	0												0
126	То же	6H13		0											
127	»	6H83			0										
130	»	6H83		0											
151	»	6H83			0										
201	Зубофрезерный	5107				0									
202	Зубошлифовальный	5832									0				
1010	Токарно-винторезный	IK62	II												
1011	То же	IA62		II											
1013	»	IK62			II										
1075	»	IA62				II									
625	Токарно-револьверный	K96	0												
638	То же	IP625													

II — осмотр 1 раз в месяц, 0 — осмотр 1 раз в 10 дней.

Т а б л и ц а 37. Сменно-часовой график работы дежурного электромонтера

Наименование выполняемых работ	Часы работы	Номер маршрута обхода	Перечень технологического оборудования, подлежащего осмотру						
			токарно-винторезные станки 1К62	токарно-винторезные станки 1А62	фрезерные станки 6Н13	фрезерные станки 6Н83	строгальные станки 716	зубошлифовальные станки 5832	фрезерные станки 6А54
Прием смены и подготовка к дежурству	7.00—7.20								
Подготовка к обходу по маршруту № 1	7.20—8.00	1	II	0	—	—	—	—	—
Осмотр электроустановок и устранение неисправностей	8.00—9.30								
Подготовка материалов и запасных частей, необходимых при обходе по маршруту № 2	9.20—10.00								
Обход оборудования и устранение неисправностей	10.00—11.00								
Обед	11.00—11.45	2	—	—	0	0	—	—	—
Обход по маршруту № 3	11.45—15.00								
Устранение неисправностей									
Оформление документации	15.00—15.30	3	—	—	—	—	0	0	11
Уборка рабочего места	15.30—15.45								

II — осмотр 1 раз в месяц, 0 — осмотр 1 раз в 10 дней.

верка включений, отключений, вращения; подтяжка, зачистка или замена электрических контактов пускорегулирующей аппаратуры, проверка изоляции электрических цепей, заземления; ремонт оградительных устройств; выявление изношенных деталей, требующих замены при ближайшем плановом ремонте; проверка правильности подбора плавких вставок; чистка и обдувка электрооборудования без его разборки; контроль за местным освещением станочного оборудования (смена ламп, очистка арматуры).

Порядок работы электромонтера подчинен регламенту работы основного производства и отражается в сменно-часовом графике. График строят для каждой смены отдельно. Он регламентирует труд электромонтера с точностью использования рабочего времени до пяти минут. В цехе, где несколько электромонтеров, запись в оперативный журнал производит старший или каждый электромонтер ведет отдельный журнал по обслуживаемому участку. Журнал дает возможность проводить анализ и устанавливать причины неисправности, время простоев и виновников. Это позволяет своевременно принимать меры по улучшению работы электрооборудования. Записи в журнале должны вестись чернилами четко, без помарок; не допускается удаление листов (табл. 38).

Т а б л и ц а 38. Форма эксплуатационного (оперативного) журнала

Дата	Время	Какое содержание работы, выполненной электромонтером за смену, и распоряжений руководства	Роспись	
			сдающего	принимающего

Руководящий технический работник (энергетик цеха, мастер и др.) должен ежедневно просматривать записи в журнале и принимать необходимые меры для устранения выявленных неисправностей в работе электрооборудования. Не реже 1 раза в месяц журнал должен просматриваться представителем отдела Главного энергетика предприятия. Лица, просматривающие журнал, должны в нем расписываться.

Согласно ПУЭ в помещении, в котором постоянно находится дежурный персонал, должна быть обеспечена температура не ниже 16°C.

В отапливаемых помещениях (вне постоянных рабочих мест) допускают температуру 10°C. В неотапливаемых помещениях предусмотрены устройства для обогрева постоянно работающего персонала или выделены специальные помещения с температурой воздуха 22°C. В нерабочее время в отапливаемых помещениях зданий и сооружений в холодный и переходный периоды года должна быть температура 5°C.

В помещении с незначительными избытками теплоты, где постоянный дежурный персонал ведет легкие работы, в летнее время температура воздуха не должна превышать 28°C. (Незначительными считаются избытки теплоты, не превышающие 83800 Дж/м³ · ч.).

Для закрытых распределительных устройств (ЗРУ) без постоянного дежурства персонала в летнее время допускается предельная температура 40°C. Для поддержания температуры воздуха, обеспечивающей нормальную работу электрооборудования и обслуживающего персонала длительное время, предусматривают стационарное устройство. Как правило, отопление обеспечивают от тепловых сетей предприятия, в отдельных случаях допускается электрическое отопление, если оно рационально. К категории легких относят работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, но не требующие систематического физического напряжения или поднятия и переноски тяжестей.

§ 66. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВА

Для каждого цеха или самостоятельного производственного участка необходимо иметь:

- журнал с описью основного электрооборудования и защитных средств или паспортные карты с указанием технических характеристик и присвоенных инвентарных номеров (к паспортным картам или журналам прилагают протоколы и акты испытаний, ремонта и ревизии оборудования);

- чертежи электрооборудования и запасных частей;

- исполнительные чертежи воздушных и кабельных трасс и кабельные журналы;

- чертежи подземных кабельных трасс и заземляющих устройств с привязками к зданиям и постоянным сооружениям, с указанием мест установки соединительных муфт и пересечений с другими коммуникациями;

- общие схемы электроснабжения, составленные по предприятию в целом и участкам.

Всякое изменение в установке или ее коммутации немедленно вносят в соответствующий чертеж или схему с обязательным указанием, кем, когда и по какой причине сделано то или иное исправление.

Полный комплект схем и чертежей с надписью «Документы электрохозяйства» хранят в техническом архиве предприятия или организации.

Комплект оперативных схем электроустановок данного цеха, участка и связанных с ними электрически других цехов, участков находится у дежурного по цеху, участку.

Для каждой электроустановки и каждого рабочего места при наличии особых условий разрабатывают и передают обслуживающему персоналу должностные и эксплуатационные инструкции, в которых указывают:

- права, обязанности, взаимоотношения и ответственность обслуживающего персонала;

- последовательность операции пуска и остановки оборудования;

- порядок эксплуатации оборудования во время нормальной работы и меры, принимаемые при возникновении аварии;

- порядок допуска к ремонту оборудования;

- меры безопасности и противопожарные меры.

Инструкцию по обслуживанию оборудования составляют на основе заводских данных, эксплуатационных и противоаварийных циркуляров и других директивных материалов, а также опыта эксплуатации с учетом местных условий и особенностей оборудования.

Инструкции подписывает лицо, ответственное за эксплуатацию электроустановок, и утверждает главный инженер или главный энергетик предприятия.

На каждом предприятии, участке, в цехе должен быть комплект необходимых инструкций по утвержденному списку; полный комплект инструкций должен быть у энергетика (старшего электрика) цеха или участка и необходимый комплект — у соответствующего персонала на рабочем месте.

§ 67. СРЕДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

При эксплуатации электроустановок измеряют напряжение, силу тока, сопротивление, мощность, частоту изменения направления и величину тока и расход электрической энергии с помощью различных электроизмерительных приборов.

Измерением называют определение физической величины опытным путем с помощью измерительных приборов.

Электроизмерительные приборы, как правило, имеют подвижную и неподвижную части. Подвижная часть, включающая в себя катушку или стальной якорь, которые механически объединены со стрелочным указателем и возвратными пружинами.

Измерительные приборы независимо от их назначения работают следующим образом: электрический ток, проходя через катушку прибора, вызывает появление вращающего момента, под воздействием которого преодолевая противодействие спиральных пружин, подвижная часть поворачивается на определенный угол. При этом стрелка, перемещаясь по шкале, указывает измеряемую величину.

Когда прибор отключают, вращающий момент исчезает и подвижная часть вследствие упругости пружин возвращается в исходное положение.

Измерительные приборы различают по назначению, роду измеряемого тока, принципу действия, классу точности, а также форме корпуса, положению при измерениях и характеру применения. По назначению приборы подразделяют на амперметры, вольтметры, омметры, ваттметры, счетчики, частотомеры и др.

Измерительные приборы, как правило, можно применять либо в цепях переменного, либо в цепях постоянного тока, но есть приборы, которые можно применять для включения в цепи и переменного, и постоянного тока. По принципу действия электроизмерительные приборы относят к следующим системам: электромагнитной, магнитоэлектрической, электродинамической, индукционной, электростатической, термоэлектрической и вибрационной. В связи с тем, что абсолютно точных приборов нет, показания приборов несколько отличаются от действительного измеряемого значения. Разность между показанием прибора и действительным значением измеряемой величины называют абсолютной погрешностью.

Оценку точности стрелочных измерительных приборов производят по их приведенной погрешности, равной отношению абсолютной погрешности показания ΔA к значению, соответствующему наибольшему (номинальному) показанию прибора A_n , выраженному в процентах, т. е. $\gamma_{пр} = \frac{\Delta A}{A_n} \cdot 100\%$.

Приведенную погрешность при нормальных эксплуатационных условиях (температуре 20°C , правильной установке, отсутствии внешних магнитных полей и больших ферромагнитных масс) называют **основной погрешностью** прибора.

Измерительные приборы по степени точности делят на 8 классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 и 4. Цифры указывают основную погрешность в процентах.

Приборы классов точности 0,05 и 0,1 считают контрольными; 0,2 и 0,5 — лабораторными; 1, 1,5 и 2,5 — техническими; 4 — учебными. В зависимости от формы корпуса приборы бывают круглые, квадратные, прямоугольные и секторообразные; по характеру применения — стационарные (жестко укрепленные на месте установки) и переносные, а по положению при измерении — вертикальные (I), горизонтальные (—) или устанавливаемые под некоторым углом (<).

В настоящее время промышленность выпускает электроизмерительные приборы трех эксплуатационных групп А, Б и В. Каждая группа характеризуется допустимой температурой окружающей среды, при которой можно эксплуатировать приборы.

Для группы А допустимая температура окружающей среды $0 \div + 35^{\circ}\text{C}$; группы Б — $30 \div + 40^{\circ}\text{C}$; группы В₁ — $40 \div + 50^{\circ}\text{C}$; группы В₂ — $50 \div + 60^{\circ}\text{C}$. На шкале измерительных приборов условными значениями и цифрами указывают следующие данные: род тока, для которого предназначен прибор, систему прибора, напряжение изоляции, положение при измерениях, класс точности, а также год выпуска, номер прибора и его эксплуатационную группу. Перед включением прибора необходимо проверить соответствие его роду тока цепи, установить корпус в положение, соответствующее его нормальной установке, и стрелку прибора предварительно с помощью корректора поставить на нулевое деление шкалы.

Измерительные приборы электромагнитной системы применяют для измерения тока или напряжения в цепях постоянного или переменного тока. К достоинствам этих приборов относится их простота, дешевизна, надежность в эксплуатации, пригодность для измерения в сетях постоянного и переменного тока. Недостатками приборов электромагнитной системы являются их малая точность (класс точности 1; 1,5; 2,5), неравномерность шкалы, влияние внешних магнитных полей, зависимость показаний от частоты тока.

Для точного измерения тока и напряжения в цепях постоянного тока применяют приборы магнитоэлектрической системы.

Высокая точность, чувствительность, равномерная шкала, малое потребление энергии ($10^{-4} - 10^{-6}$ Вт), быстрое успокоение подвижной системы и малая чувствительность к внешним магнитным полям делает магнитоэлектрическую систему широко распространенной в вольтметрах, миллиамперметрах, микроамперметрах, а также в универсальных измерительных приборах (авометрах).

Однако приборы этой системы имеют высокую стоимость, чувствительность к перегрузкам и пригодность для измерения только в цепях постоянного тока. Последний недостаток может быть устранен путем включения прибора через полупроводниковый вентиль, но в этом случае прибор будет относиться уже к выпрямительной системе.

Для измерения напряжения, тока или мощности в цепях переменного и постоянного тока применяют приборы электродинамической системы.

Действие прибора этой системы основано на взаимодействии проводников с токами.

Для измерения расхода электрической энергии в цепях переменного тока применяют приборы индукционной системы. Действие индукционного счетчика основано на взаимодействии вихревых токов с вращающимся магнитным полем. Для измерения частоты переменного тока применяют приборы вибрационной системы. Действие вибрационных приборов основано на использовании яв-

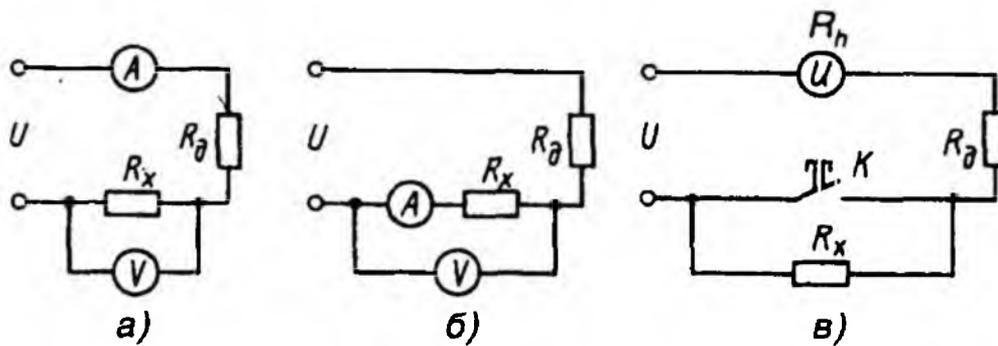


Рис. 15.2. Схема включения амперметра и вольтметра при измерении малых (а) и больших (б) сопротивлений и схема включения омметра (в)

лений электромагнетизма и механического резонанса. При резонансе, т. е. при совпадении частот собственных колебаний системы и колебаний внешнего источника, амплитуда колебаний данной механической системы резко увеличивается. Это свойство используют в измерительных приборах вибрационной системы. Цифра на шкале, стоящая против вибратора, колеблющегося с наибольшей амплитудой, указывает частоту тока в сети.

Большинство частотомеров вибрационной системы предназначено для измерения частот 45—55 Гц. Однако встречаются частотомеры, рассчитанные для измерения более высоких частот (до 1550—1650 Гц).

Достоинство приборов вибрационной системы — независимость показаний от напряжения сети. Недостатки — зависимость показаний от механических вибраций, невозможность измерения высоких частот и прерывность шкалы, вследствие чего затрудняются измерения на промежуточных частотах, когда одновременно колеблется несколько вибраторов.

Измерение сопротивления можно осуществлять, используя метод амперметра и вольтметра.

Сопротивление $R = U/I$. Для большей точности при измерении малых сопротивлений приборы следует включить по схеме (рис. 15.2, а) так, чтобы сопротивление амперметра не вносило погрешности в показания вольтметра, а при измерении больших сопротивлений включить (рис. 15.2, б) так, чтобы ток вольтметра не влиял на показания амперметра. Добавочный резистор R_d включен для ограничения тока.

При непосредственном измерении сопротивления используют приборы, называемые омметрами и мегаомметрами. Их включают в схему последовательно или параллельно.

Омметр представляет измерительный прибор магнитоэлектрической системы с внутренним R_n и добавочным R_d резисторами. Последовательно с омметром включают измеряемый резистор R_x (рис. 15.2, в). При отключенном резисторе R_x и разомкнутой кнопке К тока в цепи нет, и стрелка прибора показывает бесконечно

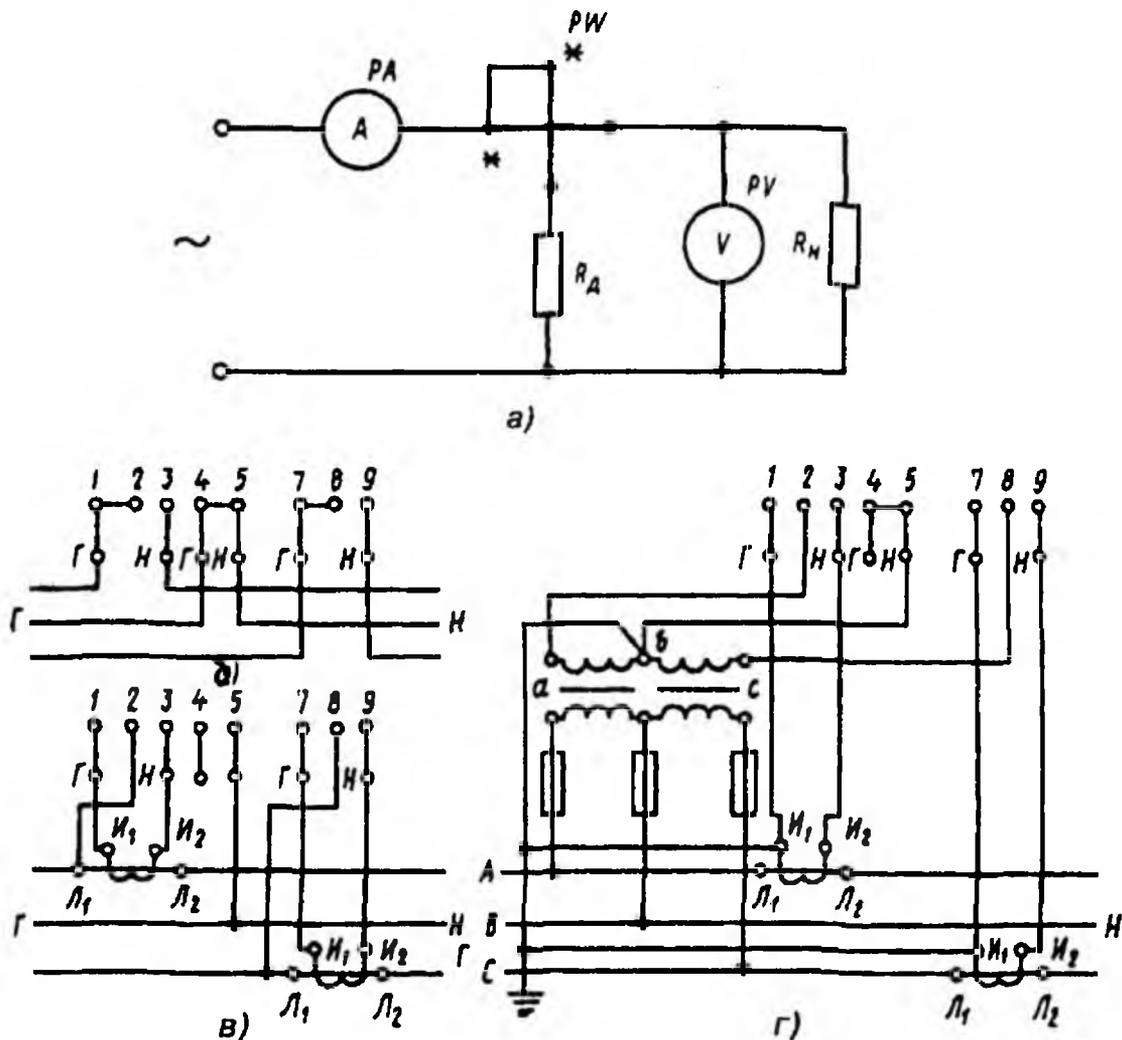


Рис. 15.3. Схемы включения приборов для измерения мощности (а) счетчиков активной САЗ и САЗУ и реактивной энергии СРЗ, СРЗУ; б — непосредственное включение; в — с трансформаторами тока; г — с трансформаторами тока и напряжения

большое сопротивление ($R_x = \infty$). Если кнопка К замкнута, то сопротивление цепи ($R_n + R_d$) минимально, а ток в цепи максимален $J_{\max} = U / (R_n + R_d)$. Стрелка прибора отклонится на наибольший угол, указывая нулевое сопротивление $R_x = 0$. При включении измеряемого резистора R_x ток в цепи уменьшится $J = U / (R_n + R_d + R_x)$ и стрелка прибора отклонится на меньший угол, указывая значение сопротивления R_x на шкале прибора. Омметр имеет самостоятельный источник питания в виде сухих элементов. Недостатком такого омметра является зависимость его показаний от напряжения источника питания.

В цепи постоянного тока мощность $P = U \cdot J$ легко может быть подсчитана по показаниям вольтметра и амперметра.

В цепи переменного тока мощность зависит от напряжения тока и от сдвига фаз между ними: $P = U \cdot J \cdot \cos\phi$. Для измерения мощности в этом случае необходим специальный прибор — ваттметр

электродинамической или ферродинамической системы. В электродинамическом ваттметре неподвижную катушку включают последовательно с нагрузкой R_n , а подвижную снабжают добавочным резистором R_d и включают параллельно нагрузке (рис. 15.3, а). Для предупреждения возможности неправильного включения ваттметра относительные «начала» двух катушек ваттметра (генераторные зажимы), присоединенные к одному и тому же полюсу источника, отмечают у зажимов прибора знаком звездочка (*); концы этих катушек присоединены к разным полюсам нагрузки. Электродинамические ваттметры используют как в цепях переменного, так и постоянного тока.

Для измерения расхода электрической энергии переменного тока применяют счетчики индукционной системы. Схемы включения счетчиков в сеть (рис. 15.3, б — г) подобны схеме включения ваттметра, т. е. одну обмотку счетчика включают последовательно с нагрузкой, а вторую — параллельно ей.

Методы контроля температуры электроустановок. В процессе эксплуатации электроустановок контролируют температуру отдельных частей электрических машин, трансформаторов и других установок, а при пуско-наладочных испытаниях определяют температуру для точного измерения сопротивления постоянному току, проверки состояния изоляции, измерения диэлектрических потерь. Наиболее распространены следующие четыре метода измерения температуры:

Метод термометра, т. е. измерение температуры специальным прибором — термометром (ртутным, спиртовым и т. д.), состоящим из запаянной колбы (баллончика с капилляром) и шкалы (рис. 15.4).

Для определения температуры методом термометра чувствительный элемент (резервуар) термометра прикладывают к поверхности контролируемого объекта.

Термометры допускается применять в тех случаях, когда размеры аппарата настолько велики, что температура нагрева практически не изменяется от присутствия термометра. В остальных случаях применяют термопары.

Чувствительный элемент термометра обертывают тонкой фольгой и плотно прижимают к детали, температуру которой измеряют. Крепление термометра в процессе контроля не должно ослабевать. Ту часть чувствительного элемента (резервуара), которая не соприкасается с деталью, защищают от охлаждения извне сухой ватой, асбестом, войлоком или другими подобными материалами таким образом, чтобы не ухудшились условия охлаждения детали.

При наличии в зоне измерения переменных магнитных полей, влияющих на показания ртутного термометра, использование такого термометра не допускается.

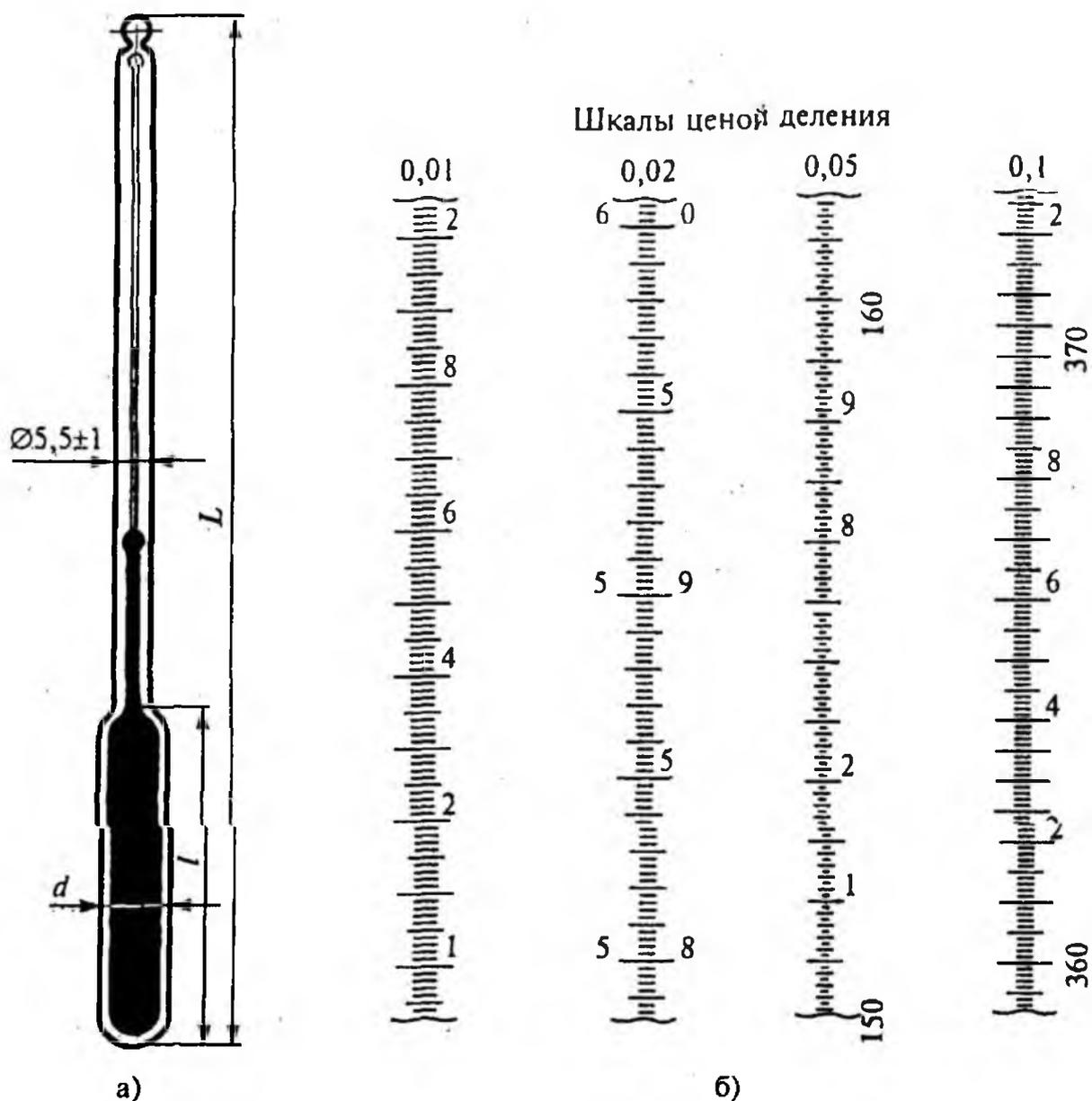


Рис. 15.4 Термометр ртутный (а) и шкалы температур (б)

Определение температуры методом термометры

Горячий спай термопары плотно прикрепляют к детали, крепление его не должно ослабевать во время контроля.

Должны быть приняты меры, чтобы провода термопары не соприкасались с деталью, не отводили от нее тепло, условия охлаждения этой детали не должны ухудшаться.

Провода термопары во избежание образования контуров, в которых могут индуцироваться электродвижущие силы, скручивают между собой и располагают по возможности вне сферы действия переменных магнитных полей.

Холодный спай термопары располагают в месте, не подверженном воздействию тепловых излучений и посторонних воздушных

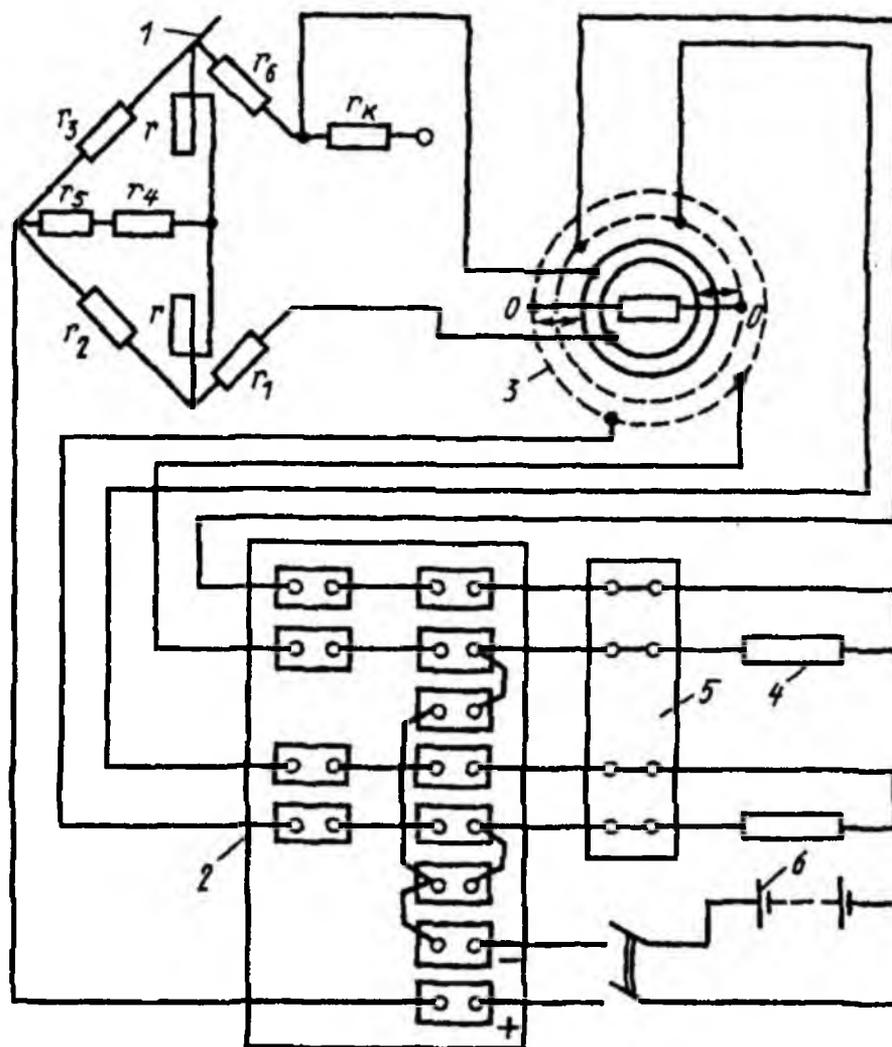


Рис. 15.5. Определение температуры методом измерения сопротивления:

1 — логометр ЛПр-53; 2 — панель управления катушек; 3 — переключатель ПМТ; 4 — термометр сопротивления; 5 — доска зажимов; 6 — аккумулятор

течений. Холодный спай рекомендуется помещать в сосуд или термостат. Температуру среды, окружающей холодный спай термопары, измеряют термометром.

Определение температуры методом измерения сопротивления (рис. 15.5).

Метод сопротивления, заключающийся в определении превышения температуры по разности сопротивления в нагретом и холодном состояниях, применяют для определения температуры катушек (обмоток), намотанных проводником из металла с известным температурным коэффициентом сопротивления.

Сопротивление измеряют мостом постоянного тока или методом вольтметра-амперметра при протекании постоянного тока, величина которого не должна превышать 15 % номинального значения.

Перед измерением сопротивления катушек (обмоток) в холодном состоянии их следует выдерживать в помещении, в котором

проводят измерение, не менее 8 ч. Температура помещения должна быть зафиксирована в протоколе испытаний.

Провода для измерения малых сопротивлений присоединяют так, чтобы их сопротивление и сопротивления точек их присоединения не влияли на величину измеряемого сопротивления.

Точки присоединения проводов при измерении сопротивления в холодном и нагретом состояниях должны быть одни и те же. Провода, служащие для измерения сопротивления катушек (обмоток), особенно катушек (обмоток) с малым сопротивлением, следует к указанным точкам припаивать.

При определении температуры катушек (обмоток) методом сопротивления превышение температуры катушек (обмоток) Θ над температурой окружающего воздуха определяют по формуле

$$\Theta = \frac{r_r - r_x}{r_x} \left(\frac{1}{\alpha} + t_{ox} \right) + t_{ox} - t_{or},$$

где r_r — сопротивление катушки (обмотки) при температуре t_{or} , Ом;

r_x — сопротивление катушки (обмотки) при температуре t_{ox} , Ом;

α — температурный коэффициент сопротивления;

t_{ox} , t_{or} — соответственно температуры окружающего воздуха при измерении катушек (обмоток) в холодном и нагретом состояниях, °С.

Если измерение проводилось при температуре окружающего воздуха t_0 , отличающейся от допустимой эффективной температуры ($t_{эфф}$), то значение превышения температуры катушек (обмоток) постоянного тока, полученное по формуле (1), должно быть приведено к $t_{эфф}$ умножением на следующие коэффициенты:

для токовых катушек (обмоток)

$$K_r = \frac{\frac{1}{\alpha} + t_{эфф}}{\frac{1}{\alpha} + t_{or}},$$

для катушек (обмоток) напряжения

$$K_n = \frac{\frac{1}{\alpha} + t_{or}}{\frac{1}{\alpha} + t_{эфф}}.$$

Для катушек (обмоток) из медной проволоки усредненное значение $1/\alpha$ принимают равным 235, из алюминиевой проволоки — 246.

Если не представляется возможным измерить сопротивление в процессе контроля, например, в катушках (обмотках) переменного тока, то непосредственно после отключения снимают кривую ос-

тивания измерением сопротивления через определенные промежутки времени. По кривой остывания («температура — время») экстраполяцией определяют максимальное превышение температуры в момент отключения.

Определение сопротивления главной цепи аппарата

Сопротивление определяют на постоянном токе методом вольтметра-амперметра или прибором непосредственного измерения сопротивления между выводами каждого полюса изделия и (или) отдельных участков токоведущей системы.

При определении сопротивления методом вольтметра-амперметра следует учитывать схему их включения и, в случае необходимости, вносить поправку на сопротивление прибора. Значение тока при измерениях не должно превышать номинальный ток аппарата.

При контроле аппаратов на нагрев следует применять приборы:

амперметры, вольтметры, шунты и другие средства измерения классом точности не ниже 0,5;

трансформаторы тока или другие средства измерения тока с классом точности не ниже 1,0;

измерительные мосты с классом точности не ниже 0,5;

омметры с классом точности не ниже 4,0;

термометры с ценой деления шкалы 1°С;

термопары (термоэлектрические преобразователи) градуировки ХК, точность измерения которых по ГОСТ 3044.

Контрольные вопросы

1. Какую ответственность несет оперативный персонал за нарушение ПТЭ и ПТБ?

2. Какие квалификационные требования предъявляют к дежурным электромонтерам 3-го и 4-го разрядов?

3. Какие работы в электроустановках выполняют по распоряжению?

4. Какие работы в электроустановках выполняют по наряду?

5. Какую техническую документацию должен иметь цеховой электромонтер?

РАЗДЕЛ 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

ГЛАВА 16. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

§ 68. ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

При эксплуатации воздушных линий в них появляются различные неисправности и повреждения, которые могут возникать от провозимых под ними крупногабаритных грузов, набросов на провода, проведением вблизи земляных работ, растущих вблизи высоких деревьев. Кроме того, в воздушных линиях с течением времени происходят различные изменения: деревянные опоры искривляются и занимают наклонное положение, в железобетонных опорах образуются трещины и выбоины, в проводах и тросах происходят обрывы отдельных проволок, в изоляторах появляются трещины и т. д. Эти дефекты могут быть обусловлены постоянным воздействием неблагоприятных климатических условий, оседанием почвы вблизи опор и рядом других причин.

Для обнаружения неисправностей, представляющих угрозу нормальной эксплуатации, а также предупреждения развития возникших неисправностей воздушные линии периодически осматривают. Сроки осмотров воздушных линий устанавливают в зависимости от местных условий, их назначения, вероятности повреждения, а также климатических условий.

Однако осмотры линий электромонтером должны быть не реже 1 раза в месяц.

Проверку наличия трещин на железобетонных опорах и пасынках с выборочным вскрытием грунта в зоне переменной влажности производят 1 раз в 6 лет, начиная с 4-го года эксплуатации.

Степень загнивания деталей деревянных опор определяют 1 раз в 3 года.

Стрелы провеса и расстояния от проводов ВЛ до различных объектов в местах пересечений ВЛ с линиями связи, железными дорогами и др. измеряют во всех случаях, когда при осмотре возникают сомнения в отношении требуемых расстояний:

измерение сопротивления заземления производят 1 раз в первый год эксплуатации и в дальнейшем 1 раз в 3 года;

подтяжку болтов, гаек и бандажей производят ежегодно в первые 2 года, а в дальнейшем по мере надобности;

внеочередные осмотры линий производят после аварии, ураганов, во время ледоходов, при пожаре вблизи линии, гололеде, морозе ниже 40°C.

При периодических осмотрах линии и вводов в здания электромонтеры должны особое внимание обращать на обрывы и оплавления жил проводов, целостность вязок, регулировку проводов, наличие ожогов, трещин и боя изоляторов, состояние опор и крен их вдоль и поперек линии, целостность бандажей и заземляющих устройств, касания проводов ветвями деревьев, наличие набросов, состояние вводных ответвлений и предохранителей, состояние кабельных воронок и спусков.

Расстояние от проводов до поверхности земли при наибольшей стреле провеса (наивысшая температура воздуха, гололед) не должно быть меньше 6 м для любой местности.

На опорах воздушных линий должны быть обозначены номера опор и год их установки.

Опоры, имеющие деревянные пасынки, периодически проверяют на загнивание. При проверке древесину, скрытую в грунте, отрывают на глубину 0,3—0,5 м.

Опору или пасынок считают непригодными для дальнейшей эксплуатации, если глубина прогнивания по радиусу бревна больше 3 см при диаметре бревна 25 см и более.

Глубину загниваний опоры измеряют специальным щупом с полусантиметровыми делениями; он вводится в древесину нажатием руки. Забивать щуп молотком или каким-либо другим инструментом воспрещается.

Рекомендуется применение для этой цели пустотелого буравчика.

Бандажи на опорах выполняют из мягкой оцинкованной проволоки диаметром 4 мм и более. Допускают применение неоцинкованной проволоки диаметром 5—6 мм при условии покрытия ее асфальтовым лаком. Число витков бандажа при отсутствии специальных указаний в проекте принимают:

при диаметре проволоки 4 мм	12
» » » 5 »	10
» » » 6 »	8

§ 69. ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ

Осмотры в дневное время ВЛ до 10 кВ производят 1 раз в месяц. При осмотрах особое внимание обращают на наличие оплавлений проволок, обрывов или набросов на проводах, ожогов и трещин изоляторов;

проверяют состояние опор, отсутствие обгорания, расцепления деталей;

убеждаются в целостности бандажей и заземляющих спусков;

отсутствию искрения или разрегулировки проводов; проверяют состояние разрядников, коммутационной аппаратуры на ВЛ и кабельных муфт на спусках; наличие предостерегающих плакатов и других постоянных знаков на опорах, целостность отдельных элементов, сварных швов и заклепочных соединений на металлических опорах;

состояние стоек железобетонных опор и железобетонных пасынков;

чистоту трассы, наличие деревьев, угрожающих падением на линию; наличие посторонних предметов, строений и т. п.;

производство без согласования строительных и других работ в охранной зоне.

Выявленные во время обхода дефекты отмечают в листке обхода.

Если обнаруженные дефекты аварийного характера, необходимо принять срочные меры к их устранению.

Внеочередные осмотры линий электропередачи производят:

при гололеде, после тумана, во время ледохода и разлива рек, при лесных и степных пожарах;

после автоматического отключения линии, в том числе и при ее успешном повторном включении.

Верховой осмотр линии электропередачи без ее отключения производят не реже 1 раза в 3 года.

Выборочную проверку состояния провода с отключением производят не реже 1 раза в 6 лет.

На линиях электропередачи без ее отключения производят следующие профилактические проверки:

наличия и степени загнивания деталей деревянных опор; ржавления и состояния антикоррозионного покрытия металлических опор и металлических траверс железобетонных и деревянных опор; наличия и ширины раскрытия трещин в бетоне железобетонных опор и приставок; состояния изоляторов.

Трассу линии электропередачи периодически расчищают от поросли деревьев. Передвижение машин и механизмов (строительных, сельскохозяйственных и др.), перевозку оборудования, конструкций и прочего груза под линией любого напряжения допускают,

если габариты перемещаемых машин, механизмов, транспорта с грузом имеют высоту от отметки дороги или земли не более:

5,0 м — при передвижении по шоссейным дорогам;

3,5 м — при передвижении по дорогам без твердого покрытия и вне дорог. На линиях электропередачи с деревянными опорами проходящих по местам, где возможны низовые пожары, выполняют противопожарные меры: уничтожают и очищают от травы и кустарника площадки радиусом 2,0 м вокруг каждой опоры или применяют железобетонные пасынки.

Опоры линий электропередачи должны иметь следующие постоянные знаки:

- порядковый номер и год установки — на всех опорах;
- номер линий или условное обозначение — на всех опорах участка трассы с параллельно идущими линиями, на двухцепных опорах, кроме того, должна быть обозначена соответствующая цепь;
- предостерегающие плакаты на высоте от 2,5 до 3,0 м от земли — на всех опорах в населенной местности и на пересечениях с дорогами.

Подстанции напряжением 35 кВ с трансформаторами до 1600 кВт, а также распределительные устройства до 10 кВ защищают вентиляционными разрядниками на шинах и двумя комплектами трубчатых разрядников на каждой ВЛ; тросовыми молниеотводами подходы ВЛ к этим подстанциям не защищают.

При эксплуатации устройства молниезащиты изменяют свои конструктивные и защитные параметры. В результате коррозии металла, загрязнений пылью изменяются сечения молниеприемников и токоподводов, их электропроводность, нарушаются контакты в местах соединений, как правило, увеличиваются сопротивления растеканию тока из-за разрушения и окисления заземляющих электродов.

Разрушаются от эрозии и гниения деревянные и металлические опоры. Поэтому ежегодно перед грозовым сезоном проверяют все устройства грозозащиты ВЛ.

По результатам проверки составляют план мероприятий по повышению надежности грозозащиты на наступающий грозовой период. После каждой грозы проверяют состояние средств грозозащиты на подходах ВЛ к ОРУ. Если обнаружено при проверке молниеприемников и токоподводов, что сечение их уменьшилось более чем на 30 % от проектного значения, то они полностью или частично заменяются в зависимости от повреждения. При значительном оплавлении молниезащиты от удара молнии острие молниеприемника восстанавливают или заменяют новым. В первые 2—3 года эксплуатации грозозащиты осуществляют усиленное наблюдение за осадкой грунта. Обнаруженные осадки устраняют путем

досыпки и утрамбовки грунта. Ежегодно в период наибольшего просыхания измеряют сопротивления растеканию токов промышленной частоты заземлителей грозозащиты. По результатам измерений оценивают импульсные сопротивления заземляющих устройств.

§ 70. ОБСЛУЖИВАНИЕ ЦЕХОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Периодичность осмотров цеховых электрических сетей устанавливают местной инструкцией в зависимости от условий эксплуатации, но не реже 1 раза в 3 мес. Измерения токовых нагрузок, температуры электрических сетей, испытание изоляции обычно совмещают с межремонтными испытаниями РУ, к которым подключены электросети. При осмотрах цеховых сетей особое внимание обращают на обрывы, увеличенный провес проводов или троса, подтеки мастики на кабельных воронках и др. Волосяной щеткой очищают от пыли и грязи провода и кабели, а также наружные поверхности труб с электропроводкой и ответвительные коробки.

Проверяют наличие хорошего контакта заземляющего проводника с контуром заземления или заземляющей конструкцией; разъемные соединения разбирают, зачищают до металлического блеска, собирают и затягивают. Поврежденные неразъемные соединения приваривают или припаивают.

Осматривают провода и кабели, поврежденные участки изоляции восстанавливают обмоткой хлопчатобумажной лентой или лентой ПВХ. Измеряют мегаомметром на 1000 В сопротивление изоляции, если оно будет меньше 0,5 МОм, участки проводки с низким сопротивлением заменяют новыми.

Осматривают изоляторы и ролики, поврежденные заменяют новыми. Пошатыванием проверяют крепление изоляторов и роликов. Слабо установленные изоляторы снимают, предварительно освободив провод от крепления. Подматывают на крюки (штыри) паклю, пропитанную суриком, затем наворачивают изоляторы и закрепляют на них провод. Слабо установленные ролики закрепляют. Осматривают анкерные устройства концевого крепления тросовой проводки к строительным элементам здания, натяжные устройства и трос. Участки, покрытые коррозией, зачищают стальной щеткой или шлифовальной шкуркой и покрывают эмалью.

Открывают крышки ответвительных коробок. При наличии внутри коробки, на контактах и проводах влаги или пыли проверяют состояние уплотнений крышки коробки и на вводах в коробку. Уплотнения, потерявшие упругость и не обеспечивающие герметичность коробок, заменяют. Осматривают клеммы и подсоединенные к ним провода. Соединения, имеющие следы окисления или

Т а б л и ц а 39. Длительно допустимые токовые нагрузки на провода с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Допустимые токовые нагрузки, А, для проводов, проложенных в одной трубе											
	проложенных открыто		двух одножильных		трех одножильных		четырёх одножильных		одного двухжильного		одного трехжильного	
	медных	алюминиевых	медных	алюминиевых	медных	алюминиевых	медных	алюминиевых	медных	алюминиевых	медных	алюминиевых
1,0	17	—	16	—	15	—	14	—	15	—	14	—
2,5	30	24	27	20	25	19	25	19	25	19	21	16
6,0	50	39	46	36	42	32	40	30	40	31	34	26
10	80	60	70	50	60	47	50	39	55	42	50	38
25	140	105	115	85	100	80	90	70	100	75	85	65
50	215	165	185	140	170	130	150	120	160	125	135	105
95	330	255	275	216	255	200	225	175	245	190	215	165
150	440	340	360	275	330	255	—	—	—	—	—	—

оплавления, разбирают, зачищают, смазывают техническим вазелином и собирают.

Проверяют стрелу провеса, которая для тросовых и струнных проводок должна быть при пролете 6 м не более 100—150 мм, а при пролете 12 м — 200—250 мм. При необходимости участки с большой величиной провеса перетягивают. Натяжение стальных тросов проводят до минимально возможной стрелы провеса. При этом усилие натяжения не должно превышать 75 % разрывного усилия, допускаемого для данного сечения троса.

В зависимости от способов прокладки изменяются условия охлаждения проводов. Это приводит к необходимости дифференцированного подхода к определению допустимых токовых нагрузок.

Длительно допустимые токовые нагрузки на провода с резиновой, поливинилхлоридной изоляцией определяют из условия нагрева жил до температуры 65°C; при температуре окружающего воздуха 25°C. Нагрузки на провода, проложенные в коробах, а также в лотках, принимают как на проводники, проложенные в трубах (табл. 39).

§ 71. ОБСЛУЖИВАНИЕ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Силовые кабели подразделяются на кабели общего и специального применения и выпускают одно-, двух-, трех- и четырехжильными с сечением жил 2,5—800 мм².

Контрольные кабели изготавливают с количеством жил 4—37; сечение жил 0,75—10 мм². Изоляцию кабелей выполняют из пропитанной кабельной бумаги, пластмассы или резины.

Осмотры трасс кабельных линий напряжением до 10 кВ производят в следующие сроки:

— трасс кабелей, проложенных в земле, — по местным инструкциям, но не реже 1 раза в 3 мес.;

— концевых муфт на линиях напряжением выше 1000 В — 1 раз в 6 мес., на линиях 1000 В и ниже — 1 раз в год; кабельные муфты, расположенные в трансформаторных помещениях, распределительных пунктах и на подстанциях, осматривают одновременно с другим оборудованием;

— кабельные колодцы осматривают 2 раза в год.

Осмотр туннелей, шахт и каналов на подстанциях производят по местным инструкциям. Обнаруженные при осмотрах ненормальности заносят в журнал дефектов и неполадок с оборудованием для последующего устранения.

В периоды паводков и после ливней производят внеочередные обходы.

Раскопки кабельных трасс или земляные работы вблизи них производят только с разрешения эксплуатирующей организации.

Вскрытые кабели укрепляют для предупреждения провисания и защищают от механических повреждений. На месте работ устанавливают сигнальные огни и предупредительные плакаты.

Производителю работ указывают точное местонахождение кабелей, порядок обращения с ними, распиской он подтверждает получение указанных сведений.

Особое внимание обращают на раскопки, производимые механизированным способом. В зависимости от способа производства работ и средств механизации принимают необходимые меры защиты кабелей от механических повреждений.

При обнаружении во время разрытия земляной траншеи трубопроводов, неизвестных кабелей или других коммуникаций, не указанных в схеме, необходимо приостановить работы и поставить об этом в известность руководителя для получения соответствующих указаний.

Раскопки зимой на глубину ниже 0,4 м производят с обогревом земли.

При этом следят за тем, чтобы от поверхности обогреваемого слоя до кабелей сохранился слой земли толщиной не менее 0,25 м.

Оттаявшую землю отбрасывают лопатами, использование ломов и тому подобных инструментов запрещается.

Раскопки землеройными машинами на расстоянии ближе 1 м от кабеля, а также применение отбойных молотков для рыхления грунта над кабелями на глубину более 0,4 м при нормальной глубине прокладки кабелей не разрешаются.

Клин-бабы и другие аналогичные ударные механизмы разрешается применять на расстоянии не ближе 5 м от трассы кабелей.

Под надзором электротехнического персонала предприятия (организации) перед началом работы производят контрольное вскрытие кабелей для уточнения их расположения, глубины прокладки и устанавливают временное ограждение, определяющее границы работы строительных механизмов.

Кабельные линии напряжением 3—10 кВ в процессе эксплуатации не реже 1 раза в год подвергают профилактическим испытаниям повышенным напряжением постоянного тока.

После ремонтных работ на линиях или раскопок вблизи трасс производят внеочередные испытания.

Периодичность испытаний кабельных линий, проложенных в земле и работающих без электрических пробоев в течение 5 лет и более с момента прокладки, устанавливает ответственный за электрохозяйство с учетом местных условий, но не реже 1 раза в 3 года.

Каждая кабельная линия имеет свой номер или наименование. Если линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждый из них имеет тот же номер с добавлением букв А, Б, В и т. д.

На территории предприятий кабельные трассы обозначают пикетами через каждые 100 м и на поворотах трассы, над кабельными муфтами при пересечениях с железнодорожными путями, дорогами и т. п.

Для каждой кабельной линии при вводе в эксплуатацию устанавливают максимальные токовые нагрузки в соответствии с требованиями ПУЭ. Эти нагрузки определяют по участку трассы с наихудшими тепловыми условиями, если длина участка более 10 м.

Температуру нагрева кабеля проверяют преимущественно на участке с наихудшим внешним охлаждением в сроки, установленные местными инструкциями.

Температура воздуха внутри туннелей, шахт и каналов в летнее время не должна превышать температуры наружного воздуха более чем на 10°C.

Кабельные линии 6—10 кВ, несущие нагрузки меньше номинальных, можно кратковременно перегружать (табл. 40).

Т а б л и ц а 40. Допустимая кратковременная перегрузка по току кабельных линий напряжением 6—10 кВ

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка в течение времени, ч		
		1,5	2,0	3,0
0,6	В земле	1,35	1,30	1,15
	В воздухе	1,25	1,15	1,10
	В трубах (в земле)	1,20	1,10	1,00
0,8	В земле	1,20	1,15	1,05
	В воздухе	1,15	1,10	1,05
	В трубах (в земле)	1,10	1,05	1,00

Наиболее характерными причинами повреждения изоляции кабелей являются следующие:

— трещины или сквозные отверстия в свинцовой оболочке, совпадение нескольких бумажных лент, заусенцы на проволоках токоведущих жил в результате заводских дефектов;

— надломы изоляции жил при разводке, плохая пропайка соединительных зажимов, неполная заливка муфт мастикой, непропаянные шейки муфт в результате дефектов монтажа;

— крутые изгибы на углах, изломы, вмятины, перекрутка кабеля в результате дефектов прокладки;

— пробой и вмятины от неаккуратной раскопки на кабельных трассах;

— коррозия свинцовой оболочки, вызванная действием блуждающих токов или химическим составом грунта;

— перегрев или старение изоляции.

Короткое замыкание, перегрев жил, смещение и осадка грунта приводят к обрыву токоведущих жил кабеля.

С целью определения места повреждения кабеля выявляют прежде всего вид повреждения и в зависимости от этого выбирают соответствующий метод измерения. В кабельных линиях низкого напряжения выявление вида повреждения осуществляют с помощью мегаомметра, которым измеряют сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы кабельной линии по отношению к земле и между каждой парой жил. При определении целостности токоведущих жил мегаомметром предварительно устанавливают закоротку с одного конца кабеля.

В кабельных линиях высокого напряжения вид повреждения определяют путем поочередного испытания каждой жилы (с заземлением и без заземления остальных) постоянным током от установки типа АИИ-70 медленным подъемом напряжения до испытательного.

При двойном разрыве кабеля, повреждении изоляции жил в разных местах для выявления характера повреждения применяют приборы типа ИКЛ-4 и ИКЛ-5.

Все рекомендуемые методы нахождения места повреждения кабельных линий разделяют на две группы: *относительные* и *абсолютные*. Относительные методы позволяют ориентировочно определить расстояние от места измерения до места повреждения непосредственно на трассе, но для проведения работ нужно абсолютным методом уточнить место раскопок.

В практике широко применяют следующие методы определения повреждений в силовых кабелях: абсолютные — *индукционный* и *акустический*, относительные — *импульсный*, *петлевой*, *колебательного разряда* и *емкостный*. Эти методы дают хорошие результаты после предварительного прожигания поврежденного места кабельной линии специальной кенотронно-газотронной установкой, для снижения переходного сопротивления.

При междуфазных повреждениях кабеля с переходным сопротивлением не более 50 Ом целесообразно для определения места повреждения применять *индукционный* метод (рис. 16.1).

По двум фазам кабеля от генератора звуковой частоты ГЗТЧ-4 пропускают ток, который вокруг кабеля, проложенного в земле, на участке до места повреждения образует электромагнитное поле. С помощью кабелеискателя радиоприемного типа ИП-7, ИП-8 или ПК-1 на трассе кабельной линии устанавливают наличие этого поля, перенося кабелеискатель вдоль трассы. Индукционный метод очень точно позволяет определить место повреждения кабеля.

Акустический метод основан на прослушивании звуковых колебаний над местом повреждения кабеля. Эти колебания создает в

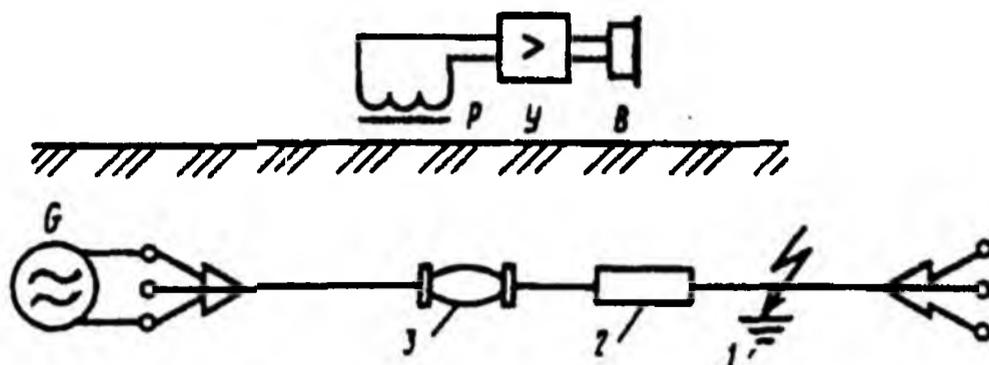


Рис. 16.1. Схема определения замыкания между жилами кабеля индукционным методом:

1 — место повреждения; 2 — кабель в трубе; 3 — соединительная муфта; G — генератор ГЗТЧ-4; P — приемная антенна; У — усилитель; B — телефон

месте повреждения искровой разряд, питающийся от генератора типа АИП-3 м.

Если жила с поврежденной изоляцией не имеет обрыва, а в кабеле одна жила имеет неповрежденную изоляцию, целесообразно применять для определения места повреждения *петлевой метод*, который основан на принципе моста. *Емкостной метод* применяют при обрывах жил кабеля в соединительных муфтах. Измерение емкости кабеля производят как на постоянном токе, так и на переменном.

Метод, основанный на посылке в поврежденную линию зондирующего электрического импульса и измерении интервала времени между моментом подачи этого импульса и моментом прихода отраженного сигнала, называют *импульсным*. Реализуют этот метод с помощью приборов типа ИКЛ-4 и ИКЛ-5. Если в изоляции силовых кабелей произошло повреждение, которое можно обнаружить только при приложении испытательного напряжения (прибор типа ЭМКС-58), применяют метод *колебательного разряда*. В этих случаях при приложении испытательного напряжения к изоляции кабеля пробой следуют один за другим с промежутками в несколько секунд, а иногда минут. Если напряжение снизить, пробой прекращаются. Иногда изоляция кабельной линии, имевшей пробой, начинает выдерживать повышенное напряжение — происходит «заплывающий» пробой, он характерен для соединительных кабельных муфт, когда в них образуются полости, играющие роль искрового промежутка. Одним из признаков места повреждения кабеля является характерный запах горелого джута (оплетки кабеля). При повреждении кабеля в результате аварии токи короткого замыкания, как правило, сильно разрушают свинцовые и бронированные оболочки, поэтому при вскрытии кабеля место повреждения хорошо видно. Если повреждение скрыто, необходимо тщательно очистить

предполагаемое место повреждения от земли и по возможности приподнять кабель. Измерение сопротивления изоляции производят мегаомметром на напряжение 2500 В до и после испытания кабеля повышенным напряжением выпрямленного тока.

Сопротивление изоляции силовых кабелей напряжением до 1000 В должно быть не ниже 0,5 МОм, а у кабелей напряжением выше 1000 В, значения сопротивления не нормируются. Испытания повышенным напряжением выпрямленного тока для силовых кабелей напряжением выше 1000 В производят в соответствии с данными табл. 41.

Т а б л и ц а 41. Испытательные напряжения промышленной частоты силовых кабельных линий

Испытания	Кабели с бумажной изоляцией на напряжение, кВ			Кабели с резиновой изоляцией на напряжение, кВ	
	3	6	10	3	6
Приемно-сдаточные	18	36	60	6	12
При капитальном ремонте	15—25	36—45	60	6	12
При профилактическом ремонте	15—25	36—45	60	6	12

Длительность приложения полного испытательного напряжения при приемно-сдаточных испытаниях 10 мин, в эксплуатации — 5 мин. После мелких ремонтов, не связанных с перемонтажом кабеля, изоляцию подвергают проверке мегаомметром на напряжение 2500 В.

Кабельные линии с нормальной бумажкой изоляцией в процессе эксплуатации имеют стабильные токи утечки при напряжении до 10 кВ — 300 мкА. Для коротких кабельных линий до 100 м на напряжение 3—10 кВ без соединительных муфт допустимые токи утечки не должны превышать 2—3 мкА на 1 кВ испытательного напряжения. Ассиметрия токов утечки по фазам не должна быть больше 8—10 мкА при условии, что абсолютные значения токов не превышают допустимого.

Контрольные вопросы

1. Как обслуживают ВЛ напряжением до 1000 В?
2. Как обслуживают ВЛ напряжением выше 1000 В?
3. Как обслуживают цеховые электрические сети напряжением до 1000 В?
4. Как обслуживают кабельные линии цеховых электросетей?
5. Какие способы обнаружения мест повреждения кабелей применяют на практике?

ГЛАВА 17. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

§ 72. ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Все электрические машины устанавливаются на промышленных предприятиях в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок (ПУЭ). По исполнению и техническим характеристикам электрические машины должны соответствовать режиму работы и условиям окружающей среды.

В цехах (землеприготовительных, сталелитейных, гальванических и др.), где воздух непригоден для вентиляции продуваемых двигателей (пыль, влага, высокая температура и т. п.), забор охлаждающего воздуха должен производиться извне. Приток наружного воздуха на цели охлаждения в этих случаях должен быть не менее рекомендованного заводом-изготовителем. Попадание в двигатель пыли резко ухудшает условия его охлаждения, приводит к повышенному нагреву и ускоренному старению изоляции. Влажный воздух, используемый для охлаждения машины, снижает электрическую прочность изоляции и вызывает ее пробой.

Для каждого двигателя на напряжение выше 1000 В, а также для двигателей мощностью 40 кВт и выше независимо от рабочего напряжения на предприятии должна быть следующая техническая документация:

паспорт двигателя, протокол приемно-сдаточных испытаний (карта ремонта), принципиальные и монтажные (исполнительные) схемы управления, сигнализации и релейной защиты, технические акты о повреждениях двигателей, эксплуатационный журнал и другая техническая документация в объеме требований нормативных документов.

На каждом предприятии для каждого участка или цеха должна быть составлена местная инструкция по эксплуатации электрических машин.

В местных инструкциях указывают:

техническую характеристику установленных двигателей; порядок подготовки к пуску, последовательность операций пуска, остановки и технического обслуживания во время нормальной эксплуатации и в аварийных режимах; порядок допуска к осмотру, ремонту и испытаниям двигателей, требования по технике безопасности, взрыво- и пожароопасности, специфические рекомендации для каждой конкретной группы двигателей. Указания по режимам, периодичности осмотров и контролю за работой двигателей должны быть конкретными для каждого типа или группы эксплуатируемых

двигателей. Местную инструкцию разрабатывают специалисты энергетической службы цеха и утверждает главный инженер предприятия. Инструкцию пересматривают не реже 1 раза в 3 года.

Надзор за нагрузкой двигателей, вибрацией, температурой подшипников и охлаждающего воздуха, уход за подшипниками (поддержание уровня масла) и устройствами для охлаждения электродвигателя, а также операции по пуску и остановке двигателей осуществляет технологический персонал цеха, обслуживающий механизмы.

Дежурный электротехнический персонал цеха периодически, в сроки, установленные графиком обходов-осмотров оборудования, обязан осматривать двигатели и контролировать режим их работы по всем показателям в объеме типовой инструкции.

На двигателях и приводимых ими механизмах должны быть нанесены стрелки, указывающие направление вращения. Опробование двигателей после ремонта или монтажа, для определения направления вращения осуществляют при отсоединенном приводном механизме.

Крышки подшипников и коробки выводов двигателей (особенно в запыленных помещениях) тщательно уплотняют, корпуса двигателей и металлические оболочки питающих кабелей — надежно заземляют.

Защиту электрических машин выполняют в соответствии с ПУЭ. Двигатели с принудительной смазкой подшипников, как правило, обеспечивают блокировкой, отключающей их при прекращении подачи смазки в подшипники или превышении допустимой температуры. На двигателях, имеющих принудительную вентиляцию, устанавливают защиту, действующую на сигнал и отключение двигателя при повышении его температуры выше допустимой или прекращении работы вентиляции.

Электродвигатели, у которых возможны систематические перегрузки по техническим причинам, снабжают защитой от перегрузки, действующей на сигнал, автоматическую разгрузку механизма или на отключение.

При отключении двигателя ответственного механизма под действием защиты и отсутствии резерва допускается повторное включение его после тщательной проверки схемы управления, защиты и самого двигателя.

Синхронные двигатели эксплуатируются в основном в режиме, обеспечивающим поступление в сеть опережающего тока при оптимальном значении коэффициента мощности.

Электродвигатели мощностью до 5000 кВт включительно на напряжение выше 1000 В включают без сушки при соблюдении условий, приведенных в «Инструкции по определению возможности включения вращающихся электрических машин постоянного тока без сушки» (СН 282) и «Инструкции по определению возможности

включения вращающихся электрических машин переменного тока без сушки» (СН 241). Без сушки включают и электродвигатели на напряжение ниже 1000 В, если сопротивление изоляции их обмоток, измеренное при температуре 10—30°C, не ниже 0,5 МОм.

У электрических машин постоянного тока сопротивление изоляции обмоток измеряют относительно корпуса, а бандажа — относительно корпуса и удерживаемых обмоток. При номинальном напряжении двигателя до 500 В включительно измерение производят мегаомметром на напряжение 500 В, а при номинальном напряжении выше 500 В — мегаомметром на напряжение 1000 В. В эксплуатации сопротивление изоляции обмоток измеряют вместе с соединенными с ними цепями и кабелями.

В процессе эксплуатации у отдельных электромашин возникают неисправности. Способы определения и устранения причин, приводящих к ненормальным режимам работы электрических машин, приведены в табл. 42—44. Если при техническом обслуживании обнаруженную неисправность устранить нельзя из-за сложности, то определяют, какому виду ремонта подлежит электрическая машина (текущему или капитальному).

Т а б л и ц а 42. Неисправности машин постоянного тока и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
1. Искрение под всеми щетками или частью их, сопровождающиеся повышением нагрева как щеток, так и коллектора	1.1. Щетки установлены неправильно	1.1. Проверить положение щеток по меткам завода-изготовителя на траверсе
	1.2. Разное расстояние отдельных бракетов между щетками по окружности коллектора	1.2. Проверить положение щеток на коллекторе при помощи бумаги и установить бракеты так, чтобы щетки соседних бракетов находились на одинаковом расстоянии по окружности коллектора. Устанавливать щетки, отсчитывая определенное число пластин, нельзя
	1.3. Неправильно установлены щеткодержатели	1.3. Уменьшить расстояние между обоймой щеткодержателя и коллектором, проверить соответствие установки реактивного щеткодержателя направлению вращения коллектора
	1.4. Неправильно установлены щетки в щеткодержателе или сами щетки находятся в неудовлетворительном состоянии	1.4. Проверить состояние щеток и размеры обойм щеткодержателей, при необходимости заменить

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
<p>2. Плохо возбуждается генератор, двигатель, медленно разворачивается или работает с ненормальной частотой вращения, искрят щетки</p>	<p>1.5. Вибрирует щеточный бракет</p> <p>1.6. Слабо или очень сильно прилегают щетки</p> <p>1.7. Используются щетки разных сортов</p> <p>2.1. Замыкания отдельных соседних пластин коллектора заусенцами</p> <p>2.2. Замыкания между петушками коллектора</p> <p>2.3. Межвитковое замыкание в одной или нескольких якорных катушках</p>	<p>1.5. Подтянуть болты, крепящие бракет к траверсе</p> <p>1.6. Установить требуемое нажатие</p> <p>1.7. Установить щетки в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя</p> <p>2.1. Шабром удалить заусенцы, отшлифовать коллектор стеклянной шкуркой</p> <p>2.2. Устранить замыкание</p> <p>2.3. Поврежденные якорные катушки заменить новыми или отремонтировать</p>
<p>3. Генератор отдает или двигатель берет ток больше номинального</p>	<p>3.1. Машина перегружена</p>	<p>3.1. Снизить нагрузку или обеспечить повышенную вентиляцию</p>
<p>4. При нормальной нагрузке частота вращения меньше номинальной, обмотка якоря перегревается</p>	<p>4.1. Плохая вентиляция машины</p>	<p>4.1. Увеличить регулировочное сопротивление в параллельной обмотке генераторов уменьшением шкива при ременной передаче</p>
<p>5. Генератор плохо возбуждается, двигатель медленно идет в ход</p>	<p>5.1. Межвитковое замыкание в одной или нескольких якорных катушках</p> <p>5.2. Короткое замыкание обмотки якоря заусенцами через пластины коллектора</p> <p>5.3. Соединение отдельных петушков или короткое замыкание обмотки</p>	<p>5.1. Неисправные катушки отремонтировать или заменить новыми</p> <p>5.2. Удалить все заусенцы острым шабром, отшлифовать коллектор</p> <p>5.3. Проверить состояние коллекторных петушков и устранить неисправность</p>
<p>6. Генератор при номинальной частоте дает высокое напряжение</p>	<p>6.1. Поврежден регулятор возбуждения или подбран неправильно, в результате чего ток возбуждения велик</p>	<p>6.1. Проверить исправность регулятора возбуждения и при необходимости заменить новым</p>
<p>7. Двигатель не идет в ход</p>	<p>7.1. Перегорели предохранители</p> <p>7.2. Обрыв в пусковом реостате или проводах</p>	<p>7.1. Заменить предохранители</p> <p>7.2. Устранить повреждение</p>

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
	7.3. Обрыв в обмотке якоря	7.3. Устранить повреждение. В основном обрыв является в соединениях между коллектором и обмоткой

Т а б л и ц а 43. Неисправности асинхронных электродвигателей и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
1. Щетки искрят, некоторые щетки и их арматура сильно нагреваются и обгорают	1.1. Щетки плохо протшлифованы	1.1. Протшлифовать щетки
	1.2. Щетки не могут свободно двигаться в обойме щеткодержателя — мал зазор	1.2. Установить нормальный зазор между щеткой и обоймой 0,2—0,3 мм
	1.3. Загрязнены или за масляны контактные кольца и щетки	1.3. Очистить бензином кольца и щетки и устранить причины загрязнения
	1.4. Контактные кольца имеют неровную поверхность	1.4. Обточить или отшлифовать контактные кольца
	1.5. Слабо прижаты щетки к контактным кольцам	1.5. Отрегулировать нажатие щеток
	1.6. Неравномерное распределение тока между щетками	1.6. Отрегулировать нажатие щеток, проверить исправность контактов траверс, токопроводов, щеткодержателей
2. Равномерный перегрев активной стали статора	2.1. Напряжение сети выше номинального	2.1. Снизить напряжение до номинального; усилить вентиляцию
3. Повышенный местный нагрев активной стали при холостом ходе и номинальном напряжении	3.1. Между отдельными листами активной стали имеются местные замыкания	3.1. Удалить заусенцы, устранить замыкание и обработать листы изоляционным лаком
	3.2. Нарушено соединение между стяжными болтами и активной сталью	3.2. Восстановить изоляцию стяжных болтов
4. Двигатель с фазным ротором не развивает номинальной частоты вращения с нагрузкой	4.1. Плохой контакт в пайках ротора	4.1. Проверить все пайки ротора. В случае отсутствия неисправностей при наружном осмотре проверку паяк проводят методом падения напряжения
	4.2. Обмотка ротора имеет плохой контакт с контактными кольцами	4.2. Проверить контакты токопроводов в местах соединения их с обмоткой и контактными кольцами

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
<p>5. Двигатель с фазным ротором идет в ход без нагрузки — при разомкнутой цепи ротора, а при пуске в ход с нагрузкой не развивает оборотов</p> <p>6. Двигатель с короткозамкнутым ротором не идет в ход</p> <p>7. При пуске двигателя происходит перекрытие контактных колец электрической дугой</p>	<p>4.3. Плохой контакт в щеточном аппарате. Ослабели контакты механизма для короткого замыкания ротора</p> <p>4.4. Плохой контакт в соединениях между пусковым реостатом и контактными кольцами</p>	<p>4.3. Пришлифовать и отрегулировать нажатие щеток</p> <p>4.4. Проверить исправность контактов в местах присоединения соединительных проводов к выводам ротора и пускового реостата</p>
	<p>5.1. Короткое замыкание между соседними хомутиками лобовых соединений или в обмотке ротора</p> <p>5.2. Обмотка ротора в двух местах заземлена</p>	<p>5.1. Устранить касание соседних хомутиков</p> <p>5.2. После определения короткозамкнутой части обмотки поврежденные катушки заменить новыми</p>
	<p>6.1. Перегорели предохранители, неисправлен автоматический выключатель, сработало тепловое реле</p>	<p>6.1. Устранить неисправности</p>
	<p>7.1. Контактные кольца и щеточный аппарат загрязнены</p> <p>7.2. Повышенная влажность воздуха</p> <p>7.3. Обрыв в соединениях ротора и в самом реостате</p>	<p>7.1. Провести очистку</p> <p>7.2. Провести дополнительную изоляцию или заменить двигатель другим, соответствующим условиям окружающей среды</p> <p>7.3. Проверить исправность соединения</p>

Т а б л и ц а 44. Неисправности синхронных машин и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
<p>1. Неисправен возбуждатель</p> <p>2. Искрение щеток</p> <p>3. Активная сталь статора равномерно перегрета, хотя нагрузка генератора не превышает номинальной</p>	<p>1.1. См. табл. 42, п. 2.2. См. табл. 43, п. 1.1.; 1.7</p> <p>3.1. Повышено напряжение по сравнению с номинальным</p>	<p>Аналогично способам, изложенным в табл. 42 и 43</p> <p>3.1. Понизить напряжение до номинального</p>

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
4. Возбудитель дает очень большой ток при включении цепи возбуждения	3.2. Генератор вращается с частотой ниже номинальной 4.1. Короткое замыкание между проводами, соединяющими возбудитель с контактными кольцами или между контактными кольцами	3.2. Исправить первичный двигатель; установить нормальную частоту колебаний сети 4.1. С помощью мегаомметра или контрольной лампы найти место короткого замыкания и устранить его
5. Частота вращения генератора ниже номинальной	5.1. Неисправность первичного двигателя 5.2. Низкая частота колебаний сети	5.1. Проверить и исправить первичный двигатель 5.2. Принять меры к восстановлению частоты
6. Напряжение генератора при номинальных частоте вращения и токе возбуждения меньше номинального	6.1. Неверно соединены катушки обмотки возбуждения 6.2. Межвитковое соединение или заземление в двух местах обмотки возбуждения	6.1. Проверить полярность катушек и правильно их соединить 6.2. Определить место замыкания и устранить его
7. При исправном возбудителе в обмотке статора имеется напряжение только между двумя фазами	7.1. Обрыв в одной фазе обмотки статора при соединении звездой или обрыв в двух фазах обмотки при соединении треугольником	7.1. Найти и устранить обрыв

При осмотре электродвигателей, расположенных на движущихся частях рабочей машины, мегаомметром проверяют, нет ли обрыва заземляющей жилы кабеля.

Состояние соединительной муфты проверяют, обращая особое внимание на ее детали муфты. Поврежденные резиновые детали заменяют. Мегаомметром на 500 В измеряют сопротивление изоляции обмоток статора-электродвигателей единой серии относительно корпуса. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм при температуре 293 К (20°C). У электродвигателей, имеющих датчики температурной защиты, измеряют сопротивление изоляции цепи датчиков относительно обмотки статора и корпуса. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1 МОм. Тщательно осматривают доску зажимов.

При наличии сколов, трещин и обугливания поверхности доску заменяют. Следы перекрытия дугой зачищают шлифовальной шкур-

кой, обезжиривают уайт-спиритом или ацетоном и покрывают бакелитовым лаком или клеем БФ-2.

Снимают защитный кожух и продувают щеточный механизм сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа (2 атм). Очищают щеточный механизм сухим обтирочным материалом, а затем осматривают.

При осмотре щеточного механизма проверяют биение коллектора и контактных колец. Биение не должно превышать следующих величин (мм):

для коллекторов диаметром, мм:

до 250	0,02
600	0,03—0,05
более 600	0,06

для контактных колец диаметром, мм:

до 500	0,05
свыше 500	0,08

Биение проверяют индикатором часового типа. Коллектор при неровностях и биениях до 0,2 мм полируют, до 0,5 мм — шлифуют, превышающих 0,5 мм — протачивают при ремонте. Полировку проводят при номинальной частоте вращения вала машины мелкой стеклянной шкуркой № 180—200, наложенной на пригнанный по коллектору деревянный брусок, шлифовку и проточку выполняют на токарных станках.

При необходимости заменяют щетки:

марка щетки должна соответствовать данным завода-изготовителя машины и характеру ее работы;

траверсы устанавливают по заводским меткам на нейтрали;

в обойму щеткодержателя щетки вставляют свободно с зазором 0,1—0,4 мм в направлении вращения и 0,2—0,5 мм в направлении оси коллектора; радиальный зазор между контактными кольцами или коллектором и щеткодержателем должен быть равномерным и составлять не больше 2—4 мм.

Пришлифовывают щетки по всей контактной поверхности, которая должна составлять не менее 80 % рабочей поверхности щетки. Нажатие щеток проверяют с помощью динамометра. Токосводящие гибкие щеточные жгуты надежно присоединяют к траверсе щеточного устройства, а сбегющие края щеток каждой траверсы устанавливают на одной прямой, параллельной оси коллектора и ребрам коллекторных пластин. Регулируют механизм подъема щеток асинхронных электродвигателей с фазовым ротором так, чтобы подъем щеток происходил после замыкания колец накоротко; положения пуска и работы обозначают надписями у рукоятки подъема

щеток. У электрических машин с принудительной вентиляцией воздухопроводы и камеры горячего воздуха, омываемые холодным воздухом, покрывают листовым асбестом толщиной 5 мм, а затем — стальным листом; все швы и стыки уплотняют суконными или фетровыми прокладками, устанавливаемыми на лаке со стороны одного из фланцев.

Водяные холодильники и вся система трубопроводов должны быть испытаны гидравлическим давлением 0,3 МПа продолжительностью 3—10 мин.

Воздушные масляные фильтры должны быть заправлены висциновым или веретенным маслом. Механизм подачи должен действовать исправно. Сетки не должны задерживаться в направляющих.

При осмотре убеждаются в герметичности стыков, наличии масла, исправности механизма подачи.

Подшипники через 4000 ч работы, но не реже 1 раза в год промывают керосином, а затем заполняют смазочным маслом до заводской отметки на масломерном стекле, глазке или пробке; сорт заливаемого масла уточняют в инструкции завода-изготовителя;

при заправке масло не должно вытекать из подшипника, маслопроводов, арматуры и попадать на обмотку;

смазочные кольца должны вращаться равномерно;

подшипники качения заправляют смазкой на 2/3 объема гнезда подшипника. Сорта смазки должны соответствовать условиям работы подшипников. Некоторые сорта масел приведены в табл. 45, 46.

У подшипников электродвигателей вибрация не должна превышать следующих величин:

частота вращения, об/мин	3000	1500	1000	750
вибрация, мм	0,05	0,1	0,13	0,16

Т а б л и ц а 45. Марки масел для подшипников электрических машин мощностью до 1000 кВт с кольцевой смазкой

Частота вращения, исполнение машин и режим их работы	Вязкость при 50°C, сСТ	Марка индустриального масла
1000 об/мин и выше:		
Нереверсивные и с редкими пусками	17—23	И-20А
Реверсивные и с частыми пусками	28—33	И-30А
250—1000 об/мин:		
Нереверсивные и с редкими пусками	28—33	И-30А
Реверсивные и с частыми пусками	28—33	И-30А
До 250 об/мин, нереверсивные и реверсивные	47—55	И-50А

Т а б л и ц а 46. Смеси смазочных масел, дающие необходимую вязкость

Масло индустриальное	Пропорция смешиваемых сортов, части	Вязкость кинематической смеси при 50°С, сСТ
И-12А	1	17
И-30А	2	
И-12А	11	17
И-50А	9	
И-12А	3	28
И-50А	7	
И-20А	1	
И-50А	1	
И-20А	2	
Автол 10	1	
И-12А	1	50
Автол 10	6	
И-12А	2	
Автол 10	3	

В электродвигателях до 100 кВт наиболее часто применяют подшипники, тип которых приведен в табл. 47.

Т а б л и ц а 47. Шариковые и роликовые подшипники, применяемые в электродвигателях

Габарит электродвигателя	Вид электродвигателя по способу монтажа	Номер подшипника со стороны, противоположной приводу, при частоте вращения		Номер подшипника со стороны привода при частоте вращения	
		3000 об/мин	1000 и 1500 об/мин	3000 об/мин	1000 и 1500 об/мин
1	—	60 304		60 304	
2	М10	60 305		60 305	
3	М20	60 306		60 306	
4	М30	60 308		60 308	
5	—	60 309		60 309	
6	<u>М10, М20</u> М30	309	309*	309	<u>2309к*</u> 309*
7	<u>М10, М20</u> М30	311	311*	311	<u>2111*</u> 311*
8	<u>М10, М20</u> М30	314	314*	314	<u>2114**</u> 314*
9	<u>М10, М20</u> М30	317	317**	317	<u>2317к**</u> 317к**

* Эти же номера подшипников применяют при частоте вращения 750 об/мин.

** Так же при частоте вращения 600 и 750 об/мин.

П р и м е ч а н и е . Единая серия асинхронных двигателей А2 и АО2 мощностью от 0,6 до 100 кВт разделяет все двигателя на девять габаритов по размерам наружного диаметра сердечника статора; эту серию заменяют в настоящее время двигателями серий ЦА и АП.

Для смены смазки в электродвигателях защищенного исполнения снимают крышку подшипника, промывают его, закладывают свежую порцию смазки, вновь устанавливают крышку в прежнее положение и закрепляют ее болтами.

В электродвигателях закрытого обдуваемого исполнения подшипник, расположенный со стороны вентилятора, менее доступен для наружного осмотра. Для смены смазки в этом подшипнике снимают защитный кожух вентилятора, наружный вентилятор и крышку подшипника.

Для смены смазки в подшипнике, расположенном со стороны контактных колец, у электродвигателей АОК2 4 и 5-го габаритов необходимо снять кожух контактных колец; вынуть щетки из обойм щеткодержателей; ослабить крепление вентиляторов и защитной шайбы на валу, повернув на два-три оборота крепящий болт вентилятора и установочный винт защитной шайбы; сдвинуть вентилятор и защитную шайбу в сторону контактных колец; отвернуть болты подшипниковой крышки и сдвинуть ее на валу в сторону вентилятора; промыть подшипник и его крышку бензином и заложить смазку. При промывке и заполнении смазкой подшипников контактные кольца завертывают в бумагу, чтобы предохранить их от повреждений и загрязнений.

У электродвигателей АОК-2 6-го габарита и выше при смене смазки в подшипнике со стороны, противоположной приводу, необходимо снять контактные кольца. Для этого вида отпаять соединительные хомутики выводных концов, вынуть из канавки вала стопорное кольцо и съемником снять контактные кольца, кожух вентилятора и вентилятор.

У электродвигателей АК2 при смене смазки в подшипнике со стороны, противоположной приводу, контактные кольца снимать не следует. Для смены смазки достаточно снять коробку с щеткодержателями и отвести подшипниковую крышку в сторону контактных колец.

Замену щеток у электродвигателей с фазным ротором необходимо производить по мере их износа, руководствуясь данными, приведенными в табл. 48.

Т а б л и ц а 48. Предельные значения износа щеток

Габарит электродвигателя	Размер щетки, мм	Марка щетки	Высота износившейся щетки (подлежащей замене), мм
4	8 × 12,5 × 25	МГ-4	12
5	10 × 16 × 25	МГ-4	12
6	10 × 20 × 32	МГ-2	18

Габарит электродвигателя	Размер щетки, мм	Марка щетки	Высота износившейся щетки (подлежащей замене), мм
7	12,5 × 25 × 40	МГ-6	20
8	12,5 × 25 × 40	МГ-4	20
9	12,5 × 25 × 40	МГ-4	20

Для обеспечения нормальной работы электродвигателя необходимо поддерживать напряжение на шинах питающей подстанции в пределах 100—105 % номинального. По производственным причинам допускается работа электродвигателя при отклонении напряжения от — 5 до + 10 % номинального. В табл. 49 приведены зоны колебаний напряжения, регламентируемые ПУЭ, т. е. меньше 1,5; 1,5—4 и более 4 %.

Сведения о максимальной мощности короткозамкнутых электродвигателей, которые могут запускаться путем прямого подключения к различным источникам питания, приведены в табл. 50.

Т а б л и ц а 49. Колебание напряжений на шинах питающей подстанции при частых пусках электродвигателей, %

Номинальная мощность двигателя, кВт	Мощность трансформатора, кВ · А								
	25	40	63	100	160	250	400	630	1000
0,6	1,5	0,9	0,6	0,3	0,2				
0,8	1,9	1,2	0,7	0,4	0,3				
1,1	2,4	1,5	1,0	0,6	0,4				
1,5	3,2	2,0	1,3	0,8	0,5	0,3			
2,2	4,4	2,8	1,8	1,1	0,7	0,4			
3,0	5,7	3,7	2,4	1,5	0,9	0,6			
4,1	7,1	4,6	3,0	1,9	1,2	0,7	0,4		
5,5	9,3	6,1	4,0	2,5	1,6	1,0	0,6	0,4	
7,5		7,9	5,3	3,3	2,1	1,4	0,8	0,6	0,4
10,0		10,3	6,9	4,4	2,6	1,8	1,1	0,8	0,5
13,0			8,6	5,5	3,6	2,3	1,4	1,0	0,6
17,0			10,9	7,1	4,6	3,0	1,8	1,4	0,8
22,0				8,8	5,8	3,8	2,3	1,8	1,1
30,0					7,5	5,0	3,0	2,3	1,5
40,0					9,7	6,5	4,0	3,1	1,9
55,0						8,5	5,3	4,1	2,6
75,0						11,3	7,1	5,6	3,6
100,0							9,2	7,3	4,7

Т а б л и ц а 50. Максимальная мощность короткозамкнутого электродвигателя, пускаемого непосредственно от полного напряжения (в зависимости от рода источника питания)

Источник питания	Максимальная мощность электродвигателя
Трансформатор, питающий чисто силовую сеть	20 % мощности трансформатора при частых пусках, 30 % при редких пусках
Трансформатор, питающий силовую и осветительную сеть	4 % мощности трансформатора при частых пусках, 8 % при редких пусках
Электростанция малой мощности	12 % мощности электростанции
Блок «трансформатор-двигатель»	Приблизительно до 80 % мощности трансформатора
Высоковольтная ось	Не более 3 % мощности трехфазного короткого замыкания в точке присоединения электродвигателя

При техническом обслуживании асинхронных электродвигателей мощностью 4000 кВт и выше периодически проверяют и контролируют:

- затяжку фундаментальных болтов и все механические крепления;
- электрическую прочность изоляции обмоток от корпуса;
- заземление станины двигателя, а также оболочки питающего кабеля;
- воздушный зазор между статором и ротором;
- температуру активных частей электродвигателя.

Температура обмотки статора не должна превышать на 75°C, а обмотки ротора на 85°C температуру охлаждающего воздуха. При профилактических осмотрах (не реже 1 раза в 3 месяца) снимают щиты и производят тщательную очистку двигателя, прочищают лобовые части статорной и роторной обмоток, продувают чистым сжатым воздухом, выверяют воздушный зазор с обеих сторон. Во время работы наблюдают за состоянием смазки подшипников. Смазочные кольца не должны иметь как медленного, так и быстрого хода; масло из подшипников не должно попадать на обмотки. Для охлаждения используют воздух с температурой не выше 35°C при относительной влажности не выше 75 % не содержащий пыли и взрывоопасных примесей. Если окружающая температура низка, то при длительных остановках двигателя нужно его прогревать током или другим способом так, чтобы температура обмоток была не ниже + 5°C.

В случаях, когда температура окружающего воздуха превышает 35°C, нужно снизить нагрузку двигателя так, чтобы нагрев его отдельных частей не превышал допустимых заводских значений. При нагреве обмотки или железа двигателя выше норм следует

остановить двигатель и проверить вентиляционную систему. Особое внимание обращают на чистоту вентиляционных каналов статора и ротора, исправность вентиляционных крыльев.

Перегрев двигателя сверх допустимых температур в течение длительного времени резко сокращает срок службы изоляции обмоток и может привести к ее повреждению и аварии. Двигатель может нагреваться и от перегрузки током при неисправности контролирующего амперметра. Поэтому, если обнаружено во время осмотра такое нарушение в работе, следует проверить другим контрольным амперметром ток двигателя и, в случае его превышения по сравнению с номинальным, снизить нагрузку. Меры по снижению температуры электродвигателя принимают в зависимости от причин, вызывающих перегрев.

При обслуживании электродвигателя иногда обнаруживается вибрация. Возникает она в результате смещения линии валов агрегата при монтаже и ремонте или при посадке фундамента. Вибрация может быть также в результате короткого замыкания внутри статорной обмотки, из-за чего создается асимметрия магнитного поля.

Причиной вибрации может быть и плохая балансировка ротора в процессе ремонта. В этом случае нужно повторно произвести статическую и динамическую балансировку ротора.

Вибрация способствует ослаблению крепления двигателя на фундаменте, разработке подшипников. Она может привести к повреждению изоляции, короткому замыканию в обмотках и искрению под щетками.

Вибрацию электродвигателей измеряют с помощью ручного вибрографа типа ВР-1 или виброметра. Наиболее удобными при эксплуатации являются вибрографы и виброметры, которые позволяют измерять вибрацию в продольном, поперечном и вертикальном направлениях. По показаниям вибрографа можно судить не только о размерах вибрации, но и о частоте, а это легче позволяет определить причину вибрации — в этом их преимущество перед виброметрами.

Измерение вибрации в вертикальном направлении (рис. 17.1, а) производят прикрепляя виброметр с инерционной массой к жесткой пластине 1, которую присоединяют к стойке подшипника 2 болтом 3, а штифт виброметра устанавливают вертикально в направлении измерения вибрации. Затем винтами освобождают инерционную массу и производят отсчет показаний. Ширина отклонения стрелки индикатора представляет амплитуду вибрации или двойную амплитуду колебания.

Если виброметр установить так, что плоскость циферблата его будет перпендикулярна оси вала, а штифт направить горизонтально,

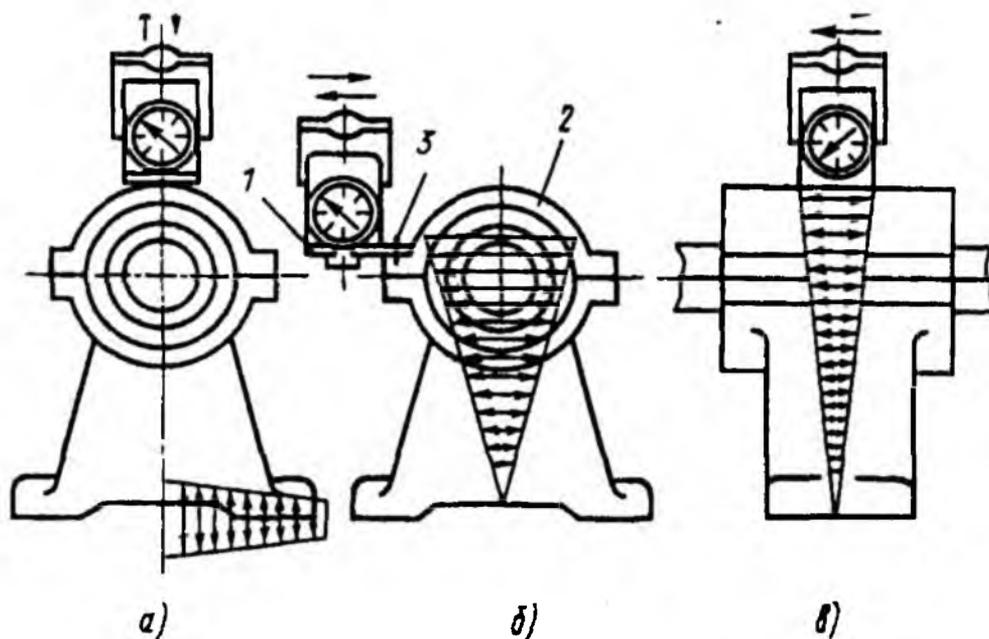


Рис. 17.1. Измерение вибрации в трех направлениях

то виброметром можно измерить горизонтально-поперечную вибрацию (рис. 17.1, б). Если нужно измерить продольную (горизонтально-осевую) вибрацию, то плоскость циферблата индикатора направляют параллельно оси вала, а штифт — горизонтально, как показано на рис. 17.1, в.

Вибрацию измеряют при нескольких значениях нагрузки электрической машины: при холостом ходе 50; 70 и 100 % номинальной нагрузки и при максимально допустимой частоте вращения.

При обслуживании проверяют воздушный зазор между статором и ротором электродвигателя. Зазор этот в процессе эксплуатации в связи с износом подшипников или в результате разборки и неточной сборки электродвигателя может меняться. Это приводит к нарушению симметричного положения ротора в статоре.

У электродвигателей воздушные зазоры измеряют в диаметрально противоположных точках специальными щупами. Зазоры не должны различаться между собой более чем на $\pm 10\%$ среднего значения (равного полусумме зазоров).

В процессе обслуживания периодически проверяют сопротивление изоляции двигателя. Для обмоток статора сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм, для обмоток ротора — 1,5 МОм, для подшипников — 0,5 МОм. Если уровни изоляции не соответствуют указанным, обмотки сушат, а у подшипников проверяют и при необходимости заменяют изоляцию. Снижение электрической прочности объясняется способностью хлопчатобумажных и волокнистых материалов изоляции увлажняться.

О степени увлажнения изоляции машин судят по значениям сопротивления изоляции относительно корпуса и между обмотками, и по коэффициенту абсорбции (отношению R_{60}/R_{15} , где R_{60} и R_{15} сопротивления изоляции, отсчитанные спустя 60 с и 15 с после приведения в действие мегаомметра). Значение коэффициента абсорбции должно быть не ниже 1,3, при использовании для измерения мегаомметра на 2500 В.

Испытания повышенным напряжением проводят в течение 1 мин напряжением $0,8(2U_{ном} + 3)$ В. Если сопротивление изоляции обмоток ниже нормы, то обмотки очищают от пыли и грязи, протирают бензином, холодным четыреххлористым углеродом и после просушки покрывают изоляцию слоем лака. Электродвигатель сушат обычно в неподвижном состоянии одним из следующих способов: горячим воздухом от воздуходувки, токами короткого замыкания или индукционными токами в стали статора.

Сушку изоляции проводят при температуре, близкой к максимально допустимой — 80—85°C.

При сушке двигателя периодически измеряют сопротивление изоляции обмоток и определяют коэффициент абсорбции для каждой обмотки. Полученные данные заносят в журнал сушки электродвигателя. Перед измерением сопротивления изоляции обмотку разряжают на землю не менее 2 мин, если незадолго до этого производилось измерение изоляции или испытание повышенным напряжением. Ввиду отсутствия нормальной вентиляции при сушке током, осуществляют повышенный контроль за нагревом двигателя, если при достижении наивысшей допустимой температуры нельзя уменьшить напряжение на зажимах статора, нужно периодически отключать напряжение, требуемая температура сушки будет поддерживаться путем устройства перерывов в подаче тока в статор.

Сушку двигателя заканчивают, если коэффициент абсорбции и сопротивление изоляции остаются неизменными в течение 3—5 час. при постоянной температуре. Обычно сушка двигателя, например АЗ-4500-1500, продолжается от 2-х до 4-х суток, в зависимости от состояния изоляции.

При температуре 85°C в начальный период сушки сопротивление изоляции обмоток электродвигателя постепенно понижается, а затем через 20—30 ч сопротивление изоляции начинает возрастать, температурная кривая повышается и в конце сушки сопротивление изоляции стабилизируется на значениях 250—300 МОм. После прекращения сушки и охлаждения обмоток двигателя сопротивление изоляции несколько увеличится.

Сопротивления изоляции обмоток электрических машин после сушки должны быть не ниже:

Статоры машин переменного тока с рабочим напряжением:

выше 1000 В — 1 МОм на 1 кВ рабочего напряжения

до 1000 В — 0,5 МОм на 1 кВ;

Якоря машин постоянного тока напряжением до 750 В — 1 МОм на 1 кВ;

Роторы асинхронных и синхронных электродвигателей, включая цепь возбуждения — 1 МОм на 1 кВ, но не менее 0,2—0,5 МОм

Электродвигатели напряжением 3000 В и более

Статоры — 1 МОм на 1 кВ

Роторы — 0,2 МОм на 1 кВ.

При техническом обслуживании синхронных электродвигателей, например типа СТМ-4000-2 (рис. 17.2), перед остановкой его на ревизию выполняют следующие работы:

— измеряют сопротивление изоляции обмотки статора при рабочей температуре и определяют коэффициент абсорбции, который должен быть не менее 1,2;

— измеряют вибрацию электродвигателя;

— при номинальной скорости вращения измеряют сопротивление изоляции обмотки ротора;

— проверяют радиальные зазоры, между статором и ротором, радиальные и осевые, между вентилятором и внутренними щитами, радиальные между валом и уплотнениями наружных щитов; осевые, между торцами вкладыша и гантелями шейки вала ротора, радиальные, между валом и лабиринтовыми уплотнениями маслоуловителей. Такие же измерения выполняют и у возбuditеля: уточняются зазоры между вкладышами и крышкой подшипника с помощью

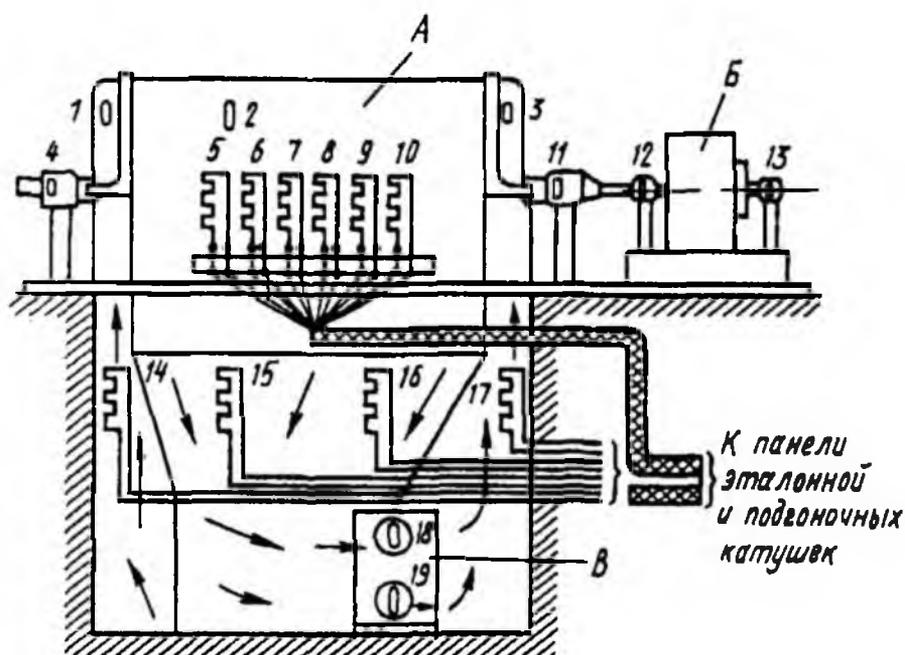


Рис. 17.2. Схема теплового контроля электродвигателя СТМ-4000-2:

А — электродвигатель; *Б* — возбuditель; *В* — воздухоочиститель; 1, 3, 14, 17 — места измерения температуры холодного воздуха; 2, 15, 16 — горячего воздуха; 4, 11 — подшипники двигателя; 5, 7, 9 — температура «меди»; 6, 8, 10 — температура «стали»; 12, 13 — подшипники возбuditеля; 18 — холодная вода; 19 — горячая вода

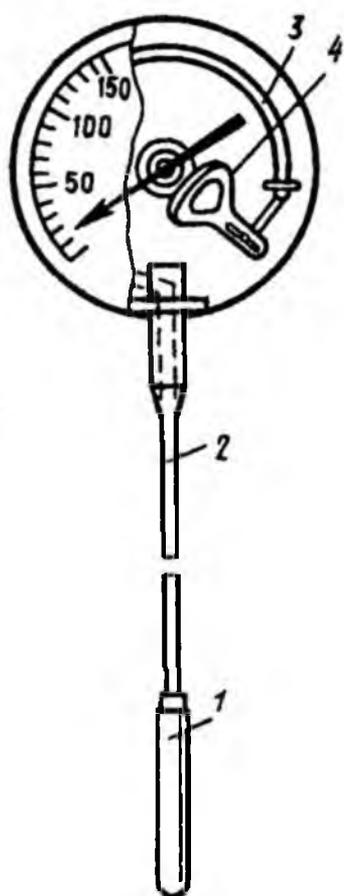


Рис. 17.3. Манометрический термометр:

1 — термобаллон; 2 — капилляр; 3 — пружина; 4 — передаточный механизм

оттисков свинцовой проволоки и зазор между рабочей поверхностью вкладыша и шейкой вала.

Проверяется состояние рабочей поверхности баббита вкладышей, обнаруженные неровности, и выработки баббита устраняют шабровкой.

Матовые точкообразные пятна на рабочей поверхности вкладышей со стороны возбуждителя свидетельствуют или о нарушении изоляционных прокладок между стояком подшипника и фундаментной плитой, или маслопроводом и броней кабеля, идущего к траверсе контактных колец, сопротивление которых относительно земли не должно быть меньше 1 МОм.

Состояние статора проверяют после разборки и очистки. Путем пофазного измерения в холодном состоянии сопротивления обмотки статора постоянному току получают значения, которые сравнивают с предыдущими измерениями. Если при осмотре обнаружены трещины на поверхности лакового покрытия лобовых частей и соединений, статор подогревают и лобовые части покрывают слоем изоляционного лака воздушной сушки. В пазах статора проверяют состояние крепления клиньев и в

случае ослабления их закрепляют дополнительными изоляционными прокладками из картона, проверяют также крепление бандажей. Значения измеренных зазоров у электродвигателя заносят в ремонтный журнал.

Если зазоры отклоняются от паспортных данных, их следует подрегулировать и довести до значений, предусмотренных заводом-изготовителем.

Тепловой контроль за нагревом отдельных элементов электродвигателя осуществляют с помощью термометров сопротивления, включенных на лагометр, и частично манометрическими термометрами (рис. 17.3).

Если цикл охлаждения замкнут, то температуры $+40^{\circ}\text{C}$ входящего в электродвигатель воздуха и $+35^{\circ}\text{C}$ в возбуждатель считаются нормальными.

Если температуры входящего воздуха отличаются от указанных значений, мощности, при которых следует использовать двигатель, не должны превосходить значений, указанных ниже:

Температура входящего воздуха, °С . . .	55	50	45	40	30
Максимальная мощность, % от номинальной	67,5	82,5	92,5	100	106

Температура воздуха, охлаждающего электродвигатель, должна быть минимум на 5°С выше температуры, приводящей к отпотеванию воздухоохлаждателей.

При ревизии возбuditеля типа ВТ измеряют сопротивление изоляции стояков подшипников и патрубков подачи и слива масла, очищают воздушные фильтры от грязи и пыли, промывая их в керосине или в горячей воде с содой. После промывки фильтра смывают висциновым маслом, вскрывают крышки подшипников и вынимают якорь из магнитной системы. Продувают магнитную систему сжатым воздухом, проверяют крепление болтовых и контактных соединений, осматривают подшипники. При обнаружении дефектов их устраняют и проверяют соответствие зазоров нормативным значениям.

§ 73. ОБСЛУЖИВАНИЕ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И КТП

При осмотре силовых трансформаторов проверяют показания термометров и мановакууметров; состояние кожухов трансформаторов; отсутствие течи масла; наличие масла в маслonaполненных вводах; соответствие уровня масла в расширителе температурной отметке; состояние изоляторов, маслоохлаждающих и маслосборных устройств, ошиновки и кабелей; отсутствие нагрева контактных соединений; исправности пробивных предохранителей и сигнализации; состояние сети заземления трансформаторного помещения.

Осмотры без отключения трансформаторов производят:

— 1 раз в сутки — в установках с постоянным дежурным персоналом.

— Не реже 1 раза в месяц — в установках без постоянного дежурного персонала.

— Не реже 1 раза в 6 мес. — на трансформаторных пунктах.

Внеочередные осмотры производят при резком изменении температуры наружного воздуха и при каждом отключении трансформатора от действия токовой или дифференциальной защиты.

Трансформатор выводят из работы при обнаружении:

— потрескивания внутри трансформатора и сильно неравномерного шума;

— ненормального и постоянно возрастающего нагрева трансформаторов при нормальных нагрузке и охлаждении;

— выброса масла из расширителя или разрыва диафрагмы выхлопной трубы;

— течи масла с понижением уровня его ниже уровня масломерного стекла;

— при необходимости немедленной замены масла по результатам лабораторных анализов. У трансформаторов мощностью 160 кВА и более масло подвергают непрерывной регенерации, осуществляемой в термосифонных фильтрах или путем периодического присоединения абсорбера.

Находящееся в эксплуатации изоляционное масло подвергают лабораторным испытаниям в следующие сроки:

— не реже 1 раза в 3 года для трансформаторов, работающих с термосифонными фильтрами (сокращенный анализ);

— после капитальных ремонтов трансформаторов и аппаратов;

— 1 раз в год для трансформаторов, работающих без термосифонных фильтров (сокращенный анализ).

Внеочередную пробу масла для определения температуры вспышки отбирают из трансформатора при обнаружении горючего газа в газовом реле трансформатора. В трансформаторах и аппаратах изоляционное масло при понижении электрической прочности, снижении химических показателей ниже норм на эксплуатационное масло, а также при обнаружении в нем механических примесей восстанавливают или заменяют.

Допустимость смешения разных масел при доливах его в трансформаторы мощностью 1000 кВА и более, а также смешение свежего и эксплуатационного масел должны подтверждаться лабораторным испытанием на выпадение осадка и стабильность.

Температура верхних слоев масла при номинальной нагрузке трансформатора и максимальной температуре охлаждающей среды (30°C — воздуха, 25°C — воды) не должна превышать:

— 70°C в трансформаторах с принудительной циркуляцией масла и воды;

— 75°C в трансформаторах с принудительной циркуляцией масла и воздуха;

— 95°C в трансформаторах с естественной циркуляцией воздуха и масла или принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла.

Допускается работа трансформаторов с дутьевым охлаждением масла с выключенным дутьем, если нагрузка меньше номинальной и температура верхних слоев масла не превышает 55°C и при минусовых температурах окружающего воздуха и температуре масла не выше 45°C , вне зависимости от нагрузки.

На главных понизительных подстанциях многих предприятий в настоящее время широко используются силовые трансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения. Мощность каждой обмотки допускает нагрузку не более 62 % от номинальной мощности трансформатора.

Отключенный релейной защитой трансформатор разрешается включать только после его осмотра, испытаний, проверки газа из газового реле и устранения неисправностей. В случаях ложного срабатывания газовой или дифференциальной защит допускается одно повторное включение трансформатора при отсутствии видимых внешних признаков его повреждения. Если отключение трансформатора произошло в результате действия защит, которые не связаны с его повреждением, можно включать трансформатор в сеть без его проверки.

Газовая защита может срабатывать ложно по следующим причинам:

- сотрясения трансформатора в результате воздействия больших токов перегрузки, проходящими по его обмоткам, а также сквозных токов короткого замыкания за трансформатором;

- ненормальной вибрации при пуске и остановке вентиляторов и циркуляционных насосов у трансформаторов с принудительными системами охлаждения от возникающих перетоков и толчков масла в трубопроводах;

- в результате несвоевременной доливке масла и снижения его уровня;

- неправильной установки трансформатора, при котором возможен значительный выброс воздуха через газовые реле, то же может быть и при доливке масла в трансформатор.

При очистке и регенерации масла и всех работах в масляной системе, проверке газовой защиты или ее неисправности, отключающий элемент газовой защиты должен быть переведен действием на сигнал.

Ввод газовой защиты в действие на отключение после вывода ее из работы производится через одни сутки, если не было скопления воздуха в газовом реле, в противном случае включение производят через сутки после прекращения выделения воздуха. Если уровень масла в масломерном стекле повысился очень высоко и быстро, нельзя до выяснения причины открывать пробки, прочищать дыхательную трубку без размыкания цепи отключения реле.

Если газовая защита сработала с действием на сигнал, в результате накопившегося в реле воздуха, необходимо выпустить воздух из реле и перевести цепь отключения защиты на сигнал. При отключении трансформатора от газовой защиты и обнаружении при проверке в реле горючего газа — повторное отключение трансформатора запрещается.

О характере повреждения внутри трансформатора можно предварительно судить по цвету выделяющегося в реле газа. Желтый цвет газов свидетельствует о повреждении дерева, беловато-серый — бумаги, а черный — масла.

Для проверки горючести газов зажигают спичку и подносят ее к чуть приоткрытому верхнему крану реле. Горючесть газов свидетельствует о внутреннем повреждении трансформатора.

Анализ масла и работа газовой защиты позволяют обнаружить внутренние повреждения трансформатора, которые развиваются медленно, например, наличие прямого контакта в переключателе ответвлений, пожар в стали.

По изменению показателей трансформаторного масла можно судить о причинах нарушений работы электрических маслонаполненных аппаратов и своевременно принять меры, предотвращающие аварию.

Свежее трансформаторное масло, залитое в электроаппарат, должно иметь светло-желтый цвет. В процессе эксплуатации цвет масла темнеет под влиянием нагрева, загрязнений и образующихся при окислении смолы осадков. Свежее масло может приобрести темный цвет от загрязнения при транспортировке или в результате недостаточно хорошей очистки. Если при эксплуатации масло быстро потемнело, то это произошло по причине чрезмерного его перегрева или от образующегося в нем углерода. Цвет масла не является показателем брака и действующими инструкциями не нормируется, но служит для ориентировочной оценки качества масла при обслуживании маслонаполненных электроустановок. Загрязнение масла может происходить от попадания в него в результате растворения лаков, красок, бакелитовой и хлопчатобумажной изоляции, образования углерода от горения электрической дуги, шлака от старения масла. Появление в трансформаторном масле осадков и примесей опасно тем, что они, будучи сильно гигроскопичными, при отложениях на поверхности изоляции трансформаторов, способствуют короткому замыканию.

Если визуально определено, что масло содержит примеси в виде осадка, оно должно быть подвергнуто фильтрации или центрифугированию.

Вода в масле появляется при его старении или в результате разгерметизации аппарата. Она может содержаться в трех видах:

- растворенная вода (появляется от попеременного нагрева и охлаждения масла);
- осажденная (на дне резервуара);
- взвешенная в виде капелек в масле или в виде эмульсии.

Важным качественным показателем трансформаторного масла является температура вспышки, т. е. температура, при которой пары масла, нагреваемого в закрытом сосуде, образуют с воздухом смесь,

вспыхивающую при поднесении к ней пламени. Чем температура ниже, тем больше его испаряемость. Состав масла при испарении ухудшается, растет вязкость, образуются вредные и взрывоопасные газы. Температура вспышки при правильной эксплуатации трансформатора несколько увеличивается, так как из масла улетучиваются легкие фракции, однако иногда температура вспышки резко снижается. Это происходит в результате повреждения внутри трансформатора из-за крекинг-процесса масла. Чаше такие повреждения сопровождаются срабатыванием газовой защиты. Если газовая защита сработала, трансформаторное масло следует подвергнуть внеочередной контрольной проверке — сокращенному анализу, испытанию на диэлектрическую прочность и температуру вспышки, которая не должна быть ниже 135°C.

Снижение температуры вспышки более чем на 5°C по сравнению с первоначальными данными указывает на наличие неисправности в трансформаторе. При ухудшении качества масла против установленных норм как на работающем, так и на отключенном трансформаторе, масло следует заменить или подвергнуть фильтрации и регенерации. При эксплуатации можно включать трансформатор с застывшим маслом, но при этом нужно внимательно следить за его температурой, так как из-за отсутствия циркуляции возможен недопустимый нагрев обмоток трансформатора.

Однако следует помнить, что температура масла очень приближенно отражает действительную температуру обмоток трансформатора. В масле при регенерации может остаться некоторое количество серной кислоты или щелочи. Кислоты могут образовываться в масле и в результате окисления его при эксплуатации. Водорастворимые кислоты и щелочи в масле приводят к резкому ухудшению его качества.

Низкомолекулярные кислоты вызывают коррозию металлов и старение изоляции. Наличие кислот характеризуют кислотным числом-количеством миллиграммов едкого натрия, необходимого для нейтрализации всех свободных кислот в 1 г масла.

Для масла, заливаемого в трансформатор, очень важно, чтобы вязкость его была как можно меньше. Это способствует лучшему отводу теплоты от обмоток. Кинематическая вязкость масла при 20°C должна составлять не более 30 мм²/с, при 50°C — не более 9,6 мм²/с. В процессе эксплуатации в масле повышается зольность, за счет коррозии металлов (меди-железа), растворения лаков. Наличие в масле серы в свободном состоянии либо в соединениях, легко ее отдающих, недопустимо. Сера приводит к сильному увеличению сопротивления контактов в переключателях ответвлений трансформаторов, и особенно в выключателях.

Натровой пробой с подкислением называют метод определения степени отмывки масел от посторонних примесей. В свежем масле

натровая проба характеризует его стабильность. Оценивается натровая проба баллами — для масла ТК_п — не более 1, а для масла ТК ≤ 2 балла.

Температурой застывания масла называют максимальную температуру, при которой масло загустевает настолько, что при наклонении пробирки с охлажденным маслом под углом 45°, его уровень остается неизменным в течение 1 минуты. Для свежего масла температура застывания должна быть не ниже — 45°C.

Способность трансформаторного масла противостоять окислительному воздействию кислорода воздуха при повышенной температуре называют его *стабильностью*. Она характеризуется процентом осадка, кислотным числом и содержанием водорастворимых кислот в окисленном масле, подвергнутом искусственному старению. После окисления количество осадка должно составлять не более 0,1 % для масла ТК.

На свежее трансформаторное масло, поступающее с завода, установлены нормы тангенса угла диэлектрических потерь. Нормы характеризуют степень очистки масла на заводе. При ухудшении изоляционных характеристик трансформаторов нужно проводить измерение тангенса угла диэлектрических потерь, который оценивают в процентах при трех температурах: 20, 70, 90°C.

Важным показателем качества трансформаторного масла является его *электрическая прочность*. Определяется она приложением к нему испытательного напряжения, при повышении которого до критического значения сопротивление масла снижается до нуля и происходит пробой. Напряжение, при котором происходит пробой масла в стандартном разряднике с расстоянием между электродами, равным 2,5 мм, называют *пробивным напряжением* или *пробивной прочностью масла* и выражают в киловольтах. При загрязнении и, особенно при увлажнении, резко снижается электрическая прочность трансформаторного масла.

Очистку и сушку трансформаторного масла от механических примесей и влаги в процессе эксплуатации производят, используя специальные установки типа ПСМ 1—3000, СМ 1—3000, адсорбционные цеолитовые, ПСМ 2—4. Опыт центрифугирования показывает, что за один цикл очистки можно повысить электрическую прочность масла до 5—7 кВ. Для глубокой и качественной очистки трансформаторного масла применяют цеолитовую установку, в которой с помощью цеолита из масла абсорбируется влага.

При техническом обслуживании комплектных трансформаторных подстанций (рис. 17.4) основным оборудованием, за которым нужно вести регулярное наблюдение и уход, являются силовые трансформаторы и коммутационная аппаратура распределительных щитов.

Завод-изготовитель несет ответственность за исправную работу КТП в течение 12 мес. со дня ввода их в эксплуатацию, но не более

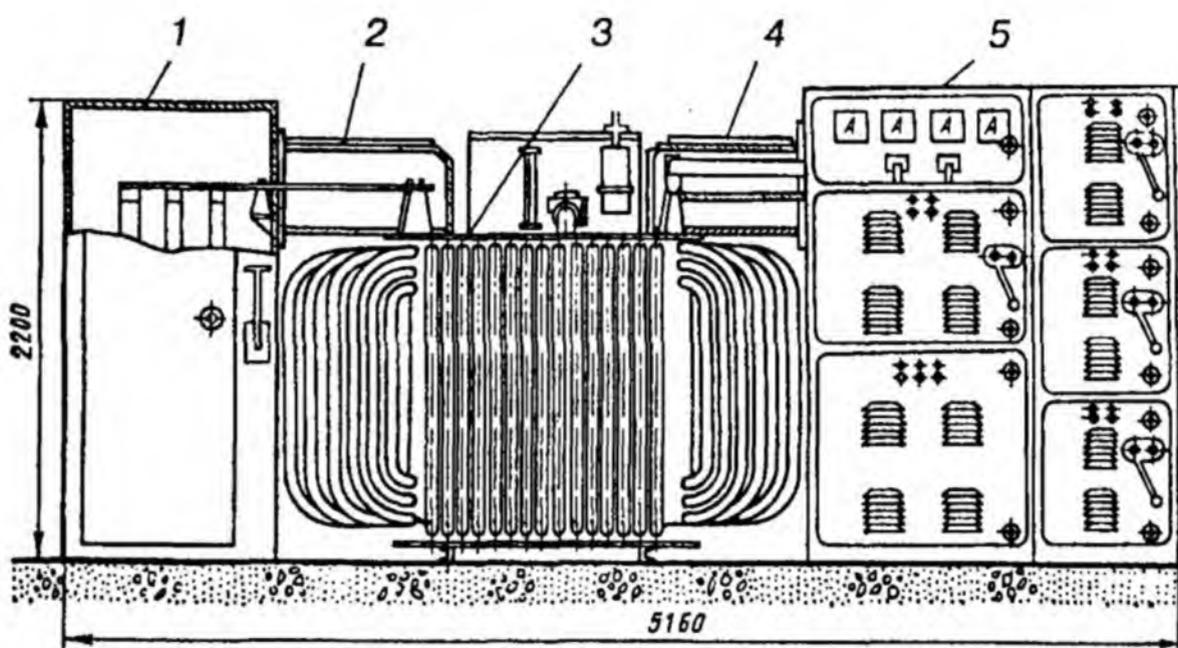


Рис. 17.4. КТП внутренней установки с трансформатором до 1000 кВ · А напряжением 6-10/0,4-0,23 кВ:

1 — ввод высокого напряжения; 2 — защитный короб шин ВН; 3 — трансформатор; 4 — защитный короб шин НН; 5 — распределительное устройство НН

24 мес. со дня отгрузки при условии соблюдения правил хранения, транспортировки и обслуживания.

Токи нагрузок при нормальной эксплуатации не должны превышать значений, указанных в заводских инструкциях. Ток в нейтрали у сухих трансформаторов не должен превышать 25 % номинального тока фазы. В подстанциях с двумя резервирующими друг друга трансформаторами эксплуатационная нагрузка каждого трансформатора не должна превышать 80 % номинальной. При аварийном режиме допускается перегрузка линий, отходящих от распределительных щитов КТП, при защите их автоматами с комбинированными расцепителями.

Кроме показаний приборов о нагрузке герметизированных трансформаторов типа ТНЗ и ТМЗ судят по давлению внутри бака, которое при нормальной нагрузке не должно превышать 50 кПа по показанию мановакуумметра. При давлении 60 кПа срабатывает реле давления, выдавливая стеклянную диафрагму, при этом давление понижается до нуля. Резкое снижение внутреннего давления происходит и при потере герметичности трансформатора.

Если давление упало до нуля, проверяют целостность диафрагмы. Если она разбита, трансформатор отключают, выясняют причину, приведшую к срабатыванию реле давления, и при отсутствии повреждения (т. е. реле сработало от перегрузки) устанавливают новую диафрагму и включают трансформатор под пониженную нагрузку. На герметизированных трансформаторах для контроля

температуры в верхних слоях совтола или масла установлены термометрические сигнализаторы с действием на световой или звуковой сигнал при перегреве.

У трансформаторов, снабженных термосифонными фильтрами, во время эксплуатации контролируют нормальную циркуляцию масла через фильтр по нагреву верхней части его кожуха. Если в пробе масла обнаруживают загрязненность, фильтр перезаряжают. Для этого фильтр разбирают, очищают внутреннюю поверхность от грязи, шлама и промывают чистым сухим маслом. При необходимости заменяют сорбент. Сорбент, полученный в герметической таре, можно применять без сушки.

Контроль за осушителем сводится к наблюдению за цветом индикаторного силикателя. Если большая часть его окрашивается в розовый цвет, весь силикатель осушителя заменяют или восстанавливают нагревом его при 450—500°С в течение 2 ч, индикаторный силикатель — нагревом при 120°С до тех пор, пока вся масса не окрасится в голубой цвет (приблизительно через 15 ч).

Удаление шлама и оксидной пленки с контактной системы переключателя ступеней рекомендуется производить не реже 1 раза в год прокручиванием переключателя до 15—20 раз по часовой и против часовой стрелки.

Периодичность осмотров КТП устанавливается службой отдела Главного энергетика в зависимости от условий работы подстанции, интенсивности работы коммутационной аппаратуры распределительного щита, температуры окружающей среды, запыленности и т. п. Для механических цехов длительность промежутков между осмотрами 6 мес. Осмотр КТП производится при полностью снятом напряжении на вводе и отходящих линиях. При осмотрах проводят чистку от пыли и грязи всех устройств подстанции, проверяют болтовые соединения. При обнаружении обгораний контактные поверхности зачищают и восстанавливают антикоррозийное металлопокрытие.

§ 74. ОБСЛУЖИВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

В настоящее время наиболее широкое распространение получили комплектные РУ (КРУ) напряжением 3—10 кВ заводского изготовления.

Эксплуатационный персонал, обслуживающий КРУ стационарного исполнения серий КСО-272, КСО-366, К-ХИ, КРУ2-10 должен знать назначение отдельных частей КРУ и их взаимодействие во время работы. При обслуживании КРУ необходимо руководствоваться не только ПТЭ и ПТБ, но и инструкциями на КРУ и установленное в них оборудование.

Во время осмотра обращают внимание на: состояние помещения (исправность дверей, вентиляции, отопления, запоров); исправность сети освещения и заземления; наличие средств безопасности; уровень масла в цилиндрах выключателей; состояние изоляции, приводов, механизмов блокировки разъединителей, первичных разъединяющих контактов, механизмов доводки; состояние контактных соединений; наличие смазки на трущихся частях механизмов; надежность соединения рядов зажимов, переходов вторичных цепей на дверцы; плотность затяжки контактных соединений вторичных цепей; действие кнопок местного управления выключателей.

Вся изоляция КРУ рассчитана на напряжение 10 кВ и при эксплуатации при 6 кВ имеет повышенную надежность. При эксплуатации КРУ запрещается отвинчивать съемные детали шкафа, поднимать и открывать автоматические шторки руками при наличии напряжения.

Проверку исправности помещений РУ, дверей и окон; отсутствия течи в кровле и междуэтажных перекрытиях; исправности замков, средств безопасности, отопления, вентиляции, освещения, заземления; уровня и температуры масла в аппаратах, отсутствия течи в них; контактов, изоляции (трещины, запыленность и т. п.), оцинковки производят без отключения РУ:

1 раз в сутки — на объектах с постоянным дежурным персоналом;

не реже 1 раза в месяц — на объектах без постоянного дежурного персонала;

не реже 1 раза в 6 мес. — на РУ, совмещенных с трансформаторными подстанциями.

В выкатных КРУ для проведения работ отключают выключатель разъединителями, встроенными в КРУ, заземляют отходящую линию, устанавливают тележку в ремонтное положение и проверяют нижние разъединяющие контакты на отсутствие напряжения. Далее включают заземляющий разъединитель и устанавливают тележку в испытательное положение (если нет необходимости вести работы внутри шкафа). Смену предохранителей в шкафу трансформатора собственных нужд производят при снятой нагрузке.

Выкатка тележки с выключателем и установка ее в рабочее положение являются операциями по отключению и включению присоединения; они производятся только лицами, выполняющими оперативные переключения или под их руководством. Установка тележки в рабочее положение возможна только при отключенном заземляющем разъединителе.

В шкафах КРУ, где связь вторичных цепей выкатной тележки с корпусом осуществляется штепсельным разъемом, для правильного расположения вставки по отношению к колодке ее устанавливают так, чтобы штепсельное соединение было со стороны фасада шкафа

и против него. На вставке и колодке наносят риски красного цвета. При полном сочленении разъема соединительную гайку навинчивают до положения, когда остается один виток разъема. При этом штырь входит в гнездо примерно на 6 мм, чем обеспечивается надежное сочленение разъема. Эксплуатация оборудования шкафов КРУ производится в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей.

§ 75. ОБСЛУЖИВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Широкое распространение в настоящее время получили РУ, выполненные из щитов одностороннего обслуживания Щ070. В номенклатуре Щ070 имеются линейные, вводные, секционные, специальные и комбинированные панели. Стыковочные стороны панелей одинаковы. При комплектации панелей в щит свободные торцы его закрывают.

Кроме панелей Щ070 применяют панели собственных нужд ПСН, силовые пункты с предохранителями СП и СПУ, распределительные пункты с автоматическими выключателями серии ПР-21 и ПР-9000, шкафы с автоматами «Электрон», силовые шкафы ШС, релейные шкафы ШР и др. Для осветительных установок специально изготавливают вводные шкафы ШВ, вводно-распределительные устройства ВРУ, щитки с установочными автоматами СУ-9400 и различные групповые и этажные щитки. Набор аппаратуры панелей и шкафов разнообразен и отображен в стандартных сетках схем заполнения.

Осмотр РУ напряжения до 1000 В осуществляют не реже 1 раза в 3 месяца или в сроки, предусмотренные местной инструкцией. При техническом обслуживании осматривают и очищают РУ от грязи и пыли, проверяют соответствия фактических условий работы аппаратов их номинальным техническим параметрам.

Для очистки аппаратов от грязи снимают кожух или крышку и сдувают пыль сжатым воздухом. Копоть и масляные пятна удаляют обтирочным материалом, смоченным уайт-спиритом или бензином.

У металлических корпусов и кожухов аппаратов места заземления осматривают и проверяют затяжку болтов или гаек.

Проверяют также крепления контактных соединений в аппаратах. Контакты, имеющие цвета побежалости, окисление или потемнение, разбирают, зачищают до металлического блеска шлифовальной шкуркой или надфилем, собирают и затягивают. Осматривают контактные поверхности ножей и губок рубильников. Несколькими включениями и выключениями ножей удаляют следы окислов с контактных поверхностей. Места подгорания, наплывы и брызги металла зачищают напильником с мелкой насечкой. Проверяют

вхождение ножей в губки. Ножи должны входить одновременно, без перекосов, на полную ширину хода. Перекос ножей устраняют затягиванием болтов крепления. Щупом 0,05 мм проверяют степень соприкосновения ножей с губками. Щуп должен входить не более чем на $\frac{1}{2}$ контактной поверхности.

Если прилегание неплотное, то его устраняют подгибанием губки или заменой контактной пружины. При наличии у рубильников специальных ножей проверяют состояние их пружин. Поврежденные пружины заменяют.

Осматривают изоляцию проводов силовых цепей и вторичной коммутации аппаратов. Участки проводов, имеющие повреждения, изолируют изоляционной лентой. При повреждении медной токопроводящей жилы провода заменяют новыми или спаивают припоем ПОС-30 или ПОС-40, при повреждении алюминиевой жилы провода заменяют новыми.

Детали уплотнения аппаратов осматривают, поврежденные заменяют новыми.

Магнитный пускатель включают вручную, убеждаются в свободном ходе подвижной системы, наличии контакта между подвижными и неподвижными контактами, отсутствии переносов контактной системы, исправности контактных пружин. Пружины, потерявшие упругие свойства или имеющие повреждения, заменяют.

Несколько раз включают и отключают автоматический выключатель вручную. Скорость включения и выключения выключателя не должна зависеть от скорости движения рукоятки или кнопок. Шарнирные механизмы смазывают маслом для приборов.

Установочные автоматы после каждого отключения ими тока короткого замыкания осматривают при снятой крышке, не ожидая очередного осмотра. Крышку максимального расцепителя без необходимости снимать не следует. В расцепителе нельзя переставлять регулировочные винты, подгибать или подпиливать биметаллические элементы и т. п. При обычных условиях выключатель следует осматривать со съемом крышки 1 раз в 6 мес.

При осмотре дугогасительных камер магнитных пускателей и автоматических выключателей удаляют обтирочным материалом, смоченным в уайт-спирите или бензине, копоть. Брызги металла на деионных решетках счищают надфилем.

Измеряют толщину металлокерамического слоя контактов. При толщине металлокерамического слоя менее 0,5 мм контакты заменяют.

Осматривают катушку магнитного пускателя, убеждаются в отсутствии повреждений внешнего покрытия обмотки, а также подтеканий покровного лака в результате перегрева. Проверяют плотность посадки катушки на сердечник.

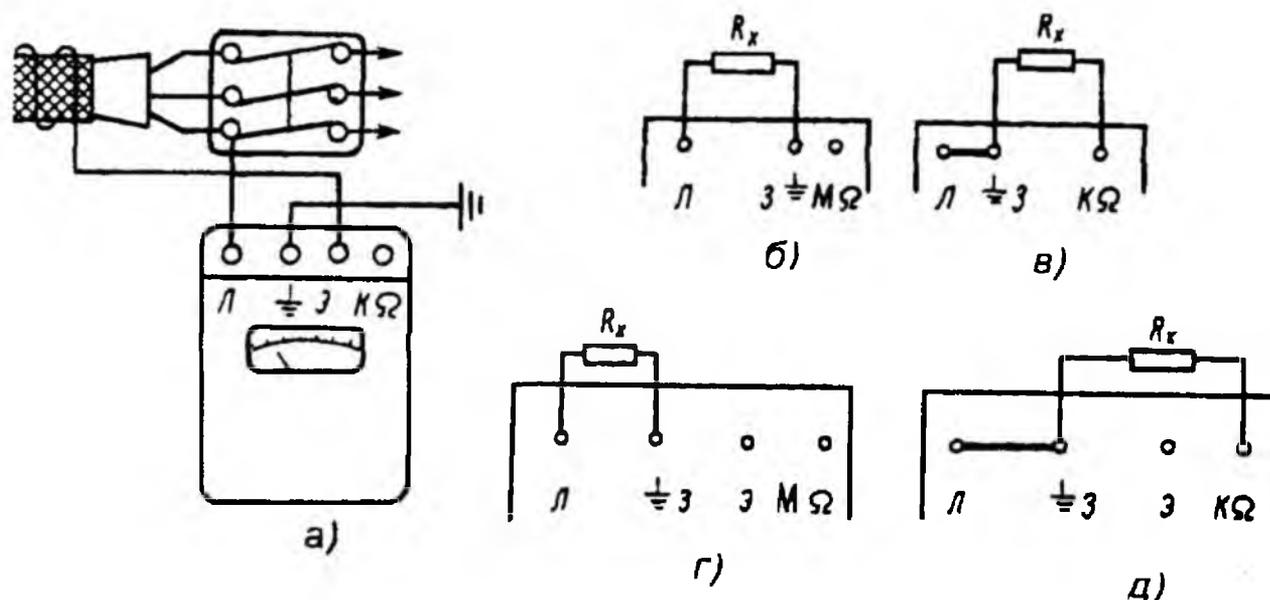


Рис. 17.5. Схемы измерения изоляции мегаомметрами:

а — включение мегаомметра М4100/5; *б* — М4100/1—4 на пределе «МΩ»; *в* — 4100/1—4 на пределе «КΩ»; *г* — М4100/5 на пределе «МΩ»; *д* — М4100/5 на пределе «КΩ»

Проверяют состояние магнитной системы и короткозамкнутого витка. Контактные поверхности магнитопровода очищают обтирочным материалом. Коррозию на других поверхностях магнитопровода удаляют шлифовальной шкуркой и покрывают лаком воздушной сушки. Осматривают нагревательный элемент. При короблении, выгорании металла или замыкании витков элемент подлежит замене. Биметаллическую пластину заменяют при деформации и обгорании. После замены нагревательного элемента или биметаллической пластины реле подключают к прибору или схеме, позволяющим плавно регулировать значение испытательного тока.

Далее осматривают изоляционные детали магнитных пускателей автоматических выключателей, пакетных выключателей и переключателей рубильников. Убеждаются в отсутствии сколов и трещин. У рубильников следы подгорания или перекрытия дугой на изоляционных панелях зачищают шлифовальной шкуркой и покрывают слоем бакелитового лака или клея БФ-2.

Сопротивление изоляции электроустановок РУ измеряют мегаомметром (рис. 17.5) в установленные сроки и вне очереди, если обнаружены дефекты. Измерения производят по секциям или участкам сети, разделенным двумя смежными предохранителями; за последним предохранителем, предварительно удалив из него плавкую вставку; между фазой и землей, а также между двумя фазовыми проводами.

При измерении в силовых цепях отключают электроприемники, аппараты, приборы, в осветительных — вывинчивают лампы, а штепсельные розетки, выключатели и групповые щитки оставляют присоединенными.

Перед измерением сопротивления электроустановки разряжают, т. е. касаются поочередно заземленным проводом каждой фазы, исключая возможность поражения работающих остаточным емкостным зарядом. Такую же разрядку делают после измерения. Допустимые сопротивления изоляции электроустановок до 1000 В приведены в табл. 51.

Мегаомметры изготовляют на 500, 1000 и 2500 В. У прибора три зажима: З (земля), Э (экран), Л (линия). Для повышения точности измерения на изоляцию при необходимости накладывают электрод-экран и присоединяют его к зажиму Э.

Т а б л и ц а 51. Сопротивление изоляции электроустановок

Наименование электроустановки	Напряжение мегаомметра, В	Наименьшее допустимое сопротивление изоляции, МОм
Катушки контакторов, автоматов и магнитных пускателей	500—1000	0,5
Силовые и осветительные электропроводки, распределительные щиты и шинопроводы	1000	0,5
Вторичные цепи управления, защиты, измерения (за исключением шинок)	500—1000	1
Шинки на щите управления (при отсоединенных цепях)	500—1000	10

Для проверки наличия или отсутствия напряжения в РУ, определения нулевого и фазового проводов используют индикатор напряжения УНН-10 или ИН-92 (рис. 17.6, а). Для обнаружения перегоревшего трубчатого или закрытого предохранителя индикатор следует подключить, как показано на рис. 17.6, б, а для проверки исправности защитного заземления или зануления — как показано на рис. 17.6, в. Фазирование проводов с помощью индикатора выполняют, как изображено на рис. 17.6, г.

Пусковая и защитная аппаратура, размещаемая в РУ до 1000 В, должна удовлетворять следующим требованиям:

1. У предохранителей номинальный ток плавкой вставки I В, служащий для защиты участка сети, должен быть не менее расчетного тока цепи I_p , т. е. $I \geq I_p$.

2. Плавкая вставка не должна отключать электродвигатель при кратковременных перегрузках (пусковых токах, пиках технологических нагрузок и т. п.).

3. Ответвления к одиночным двигателям при частых пусках или большом разгоне защищают, соблюдая условие $I_b = I_n \cdot 1,6 \div 2$, где I_n — пусковой ток электродвигателя, А.

ГЛАВА 18. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

§ 77. ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

При обслуживании осветительных электроустановок нужно знать, что в нормальном режиме в сетях электрического освещения напряжение не должно снижаться более чем на 2,5 % и повышаться более чем на 5 % номинального напряжения лампы. Для отдельных наиболее отдаленных ламп аварийного и наружного освещения допускается снижение напряжения на 5 %. В аварийном режиме допускается снижение напряжений на 12 % для ламп накаливания и на 10 % для люминесцентных ламп. Частота колебаний напряжения в осветительных сетях; при отклонении от номинального на 1,5 % не ограничивается; от 1,5 до 4 % — не должна повторяться более 10 раз в 1 ч; более чем на 4 % — допускается 1 раз в 1 ч. Эти требования не распространяются на лампы местного освещения.

Наиболее распространенная схема питания сети освещения крупного цеха приведена на рис. 18.1. Все работы по обслуживанию светильников выполняются при снятом напряжении. Проверку уровня освещенности в контрольных точках помещений при осмотрах осветительных установок производят не реже 1 раза в год. В исправности автоматов, отключающих и включающих электроосветительные установки, убеждаются 1 раз в 3 месяца (в дневное время).

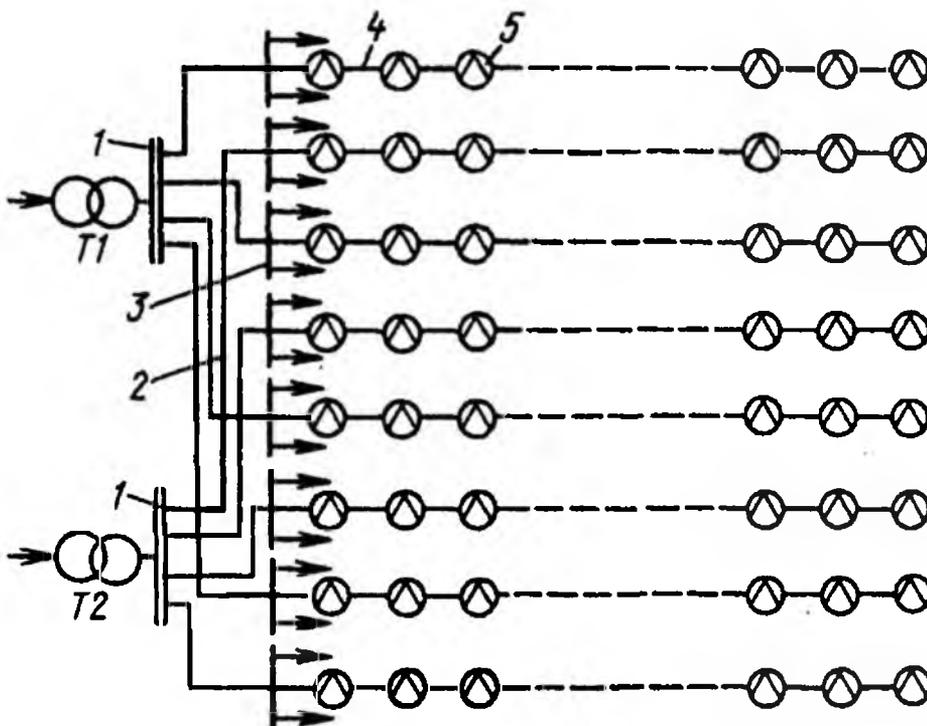


Рис. 18.1. Схема питания сети освещения:

1 — распределительный щит подстанции; 2 — питающие линии; 3 — групповой щиток; 4 — групповая сеть; 5 — светильник

Проверку исправности системы аварийного освещения производят не реже 1 раза в квартал.

Проверку стационарного оборудования и электропроводки рабочего и аварийного освещения на соответствие токов расцепителей и плавких вставок расчетным значением выполняют 1 раз в год.

Измерение нагрузок и напряжения в отдельных точках электрической сети и испытание изоляции стационарных трансформаторов с вторичным напряжением 12—36 В производят не реже 1 раза в год.

Обслуживание светильников производят с помощью напольных устройств и приспособлений, обеспечивающих безопасность работающих; лестниц — при высоте подвеса светильников до 5 м; стационарных и прицепных мостиков, буксируемых грузоподъемными кранами.

Замену ламп осуществляют *индивидуальным*, когда одну или несколько ламп (до 10 %) заменяют новыми или *групповым* способами, когда все лампы в установке через определенный интервал времени одновременно заменяют новыми. В литейных и кузнечных цехах лампы типа ДРЛ подвергаются групповой замене через 8000 часов работы. В механических сборочных инструментальных цехах при использовании в качестве источников света ламп ЛБ-40 групповая замена производится через 7000 часов (через ряд). В расчетах, при достаточном естественном освещении годовое число часов использования осветительных установок при двухсменной работе принимают — 2100 ч., при трехсменной — 4600 ч., а при трехсменной непрерывной работе — 5600 ч.

При недостаточном естественном освещении и двухсменной работе число часов использования осветительных установок при расчетах принимают равным 4100 ч; при трехсменной — 6000 ч; при непрерывной трехсменной работе — 8700 ч.

Исправные лампы, снятые при групповой замене, можно использовать во вспомогательных помещениях.

Замену ламп производят индивидуальным способом, если установка выполнена лампами накаливания, светильниками с 30 люминесцентными или 15 лампами ДРЛ. Периодичности чистки светильников общего освещения для различных цехов машиностроительных предприятий приведены ниже:

литейные цехи — 1 раз в 2 месяца;

кузнечные, термические — 1 раз в 3 месяца;

инструментальные, сборочные, механические — 1 раз в 6 месяцев.

Техническое обслуживание сетей электрического освещения выполняет специально обученный персонал. Как правило, чистку арматуры, замену перегоревших ламп производят в дневное время со снятием напряжения с участка. Если с электроустановки напряжением до 500 В снять напряжение нельзя, допускают производство

работ под напряжением. В этом случае соседние токоведущие части ограждают изолирующими накладками, работают инструментом с изолированными рукоятками, в защитных очках, головном уборе и с застегнутыми рукавами, стоя на изолирующей подставке или в диэлектрических галошах.

В цехах промышленных предприятий чистку и обслуживание высоко расположенной осветительной аппаратуры производит бригада в составе не менее двух электромонтеров, при этом производитель работ должен иметь III квалификационную группу по ТБ. Оба исполнителя должны быть допущены к верхолазным работам. При работе соблюдают меры предосторожности от попадания под напряжение, от падения с высоты, от случайного пуска крана.

В сетях наружного освещения под напряжением разрешается чистить арматуру и менять перегоревшие лампы с телескопических вышек и изолирующих устройств, а также на деревянных опорах без заземляющих спусков, на которых светильники находятся ниже фазных проводов. Старший из двух лиц должен иметь III квалификационную группу. Во всех остальных случаях работу выполняют по наряду с отключением и заземлением на месте работ всех проводов линий, расположенных на опоре.

Дефектные ртутные и люминесцентные лампы ввиду того, что в них содержится ртуть, пары которой ядовиты, сдают на завод-изготовитель или уничтожают в специально отведенных для этого местах. При эксплуатации для замены участков групповых сетей с лампами ДРЛ подсчитывают: активную мощность каждой группы с потерями в ПРА, коэффициент мощности с подключенным к группе конденсатором, токи в компенсированных и некомпенсированных участках линии. Ток расцепителя автомата выбирают с учетом пускового тока ламп ДРЛ. Минимальное сечение линии определяют по расчетному току и току расцепителя автомата.

Приведенная ниже табл. 52 облегчает выполнение указанных расчетов. В таблице приняты следующие обозначения: P — мощность лампы, Вт; Q — мощность подключенного к группе конденсатора, квар; знака, потери мощности в ПРА приняты в размере 10 % от мощности и ламп.

Т а б л и ц а 52. Основные параметры групповых линий с лампами ДРЛ

Количество светильников в группе, шт.	Активная мощность группы с потерями в ПРА, кВт	$\cos\varphi$	Ток в группе А, на участке		Наименьший допустимый ток расцепителя автомата, А	Наименьшее допустимое сечение алюминиевых жил, мм ²	
			компенсированном	не компенсированном		кабеля, проложенного открыто	проводов в стальной трубе

$$P = 125, Q = 0$$

3	0,41	0,5	—	1,25	15	2,5	2,5
9	1,24	0,5	—	3,75	15	2,5	2,5

Количество светильников в группе, шт.	Активная мощность группы с потерями в ПРА, кВт	Cosφ	Ток в группе А, на участке		Наименьший допустимый ток распрепителя автомата, А	Наименьшее допустимое сечение алюминиевых жил, мм ²	
			компенсированием	не компенсированном		кабеля, проложенного открыто	проводов в стальной трубе
15	2,06	0,5	—	6,25	15	2,5	2,5
21	2,89	0,5	—	8,75	15	2,5	2,5
27	3,71	0,5	—	11,25	20	4	4
33	4,54	0,5	—	13,75	25	6	6
39	5,36	0,5	—	16,25	25	6	6
45	6,19	0,5	—	18,75	30	10	6
51	7,01	0,5	—	21,25	40	16	16
57	7,84	0,5	—	23,75	40	16	16
$P = 125, Q = 18$							
60	8,25	0,91	13,8	25	25	6	6
$P = 250, Q = 0$							
6	1,65	0,5	—	5	15	2,5	2,5
12	3,3	0,5	—	10	20	4	4
18	4,95	0,5	—	15	25	6	6
24	6,6	0,5	—	20	40	16	16
30	8,25	0,5	—	25	40	16	16
36	9,9	0,5	—	30	50	16	16
42	11,55	0,5	—	35	50	16	16
48	13,2	0,5	—	40	50	16	16
54	14,84	0,5	—	45	63	25	25
60	16,5	0,5	—	50	63	25	25
$P = 250, Q = 18$							
30	8,25	0,91	13,8	25	25	6	6
36	9,9	0,99	15,2	30	25	10	6
42	11,55	0,98	17,9	35	30	10	10
48	13,2	0,94	21,4	40	40	16	16
54	14,84	0,89	25,4	45	40	16	16
60	16,5	0,84	29,9	50	40	16	16
$P = 250, Q = 25$							
45	12,36	0,96	19,6	37,5	40	10	10
51	14,02	1,0	21,3	42,5	40	16	16
57	15,69	0,99	24,1	47,5	40	16	16

Количество светильников в группе, шт.	Активная мощность группы с потерями в ПРА, кВт	Cosφ	Ток в группе А, на участке		Наименьший допустимый ток распрепителя автомата, А	Наименьшее допустимое сечение алюминиевых жил, мм ²	
			компенсированном	не компенсированном		кабеля, проложенного открыто	проводов в стальной трубе
$P = 1000, Q = 0$							
3	3,3	0,5	—	10	20	4	4
9	9,9	0,5	—	30	50	16	16
15	16,5	0,5	—	50	63	25	25
$P = 1000, Q = 18$							
6	6,6	0,71	14,1	20	25	6	6
12	13,2	0,94	— 21,3	40	40	16	16
18	19,8	0,77	39,1	60	50	25	25

§ 78. ОБСЛУЖИВАНИЕ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Осмотр (без отключения) конденсаторных установок напряжением до и выше 1000 В выполняют в сроки, установленные местными инструкциями, но не реже 1 раза в месяц для установок мощностью менее 500 квар и 1 раза в декаду для установок мощностью выше 500 квар.

Во время осмотра конденсаторной установки проверяют:

- а) температуру окружающего воздуха;
- б) исправность ограждений, целостность запоров, отсутствие посторонних предметов;
- в) отсутствие пыли, грязи, трещин на изоляторах;
- г) отсутствие вспучивания стенок корпусов конденсаторов и следов вытекания пропитывающей жидкости (масла, софтола и т. п.) из конденсаторов; наличие пятен пропитывающей жидкости (отпотевание) не является основанием для снятия конденсаторов с эксплуатации, такие конденсаторы необходимо взять под наблюдение;
- д) значение тока и равномерность нагрузки отдельных фаз батарей конденсаторов;
- е) значение напряжения на шинах конденсаторной установки или на шинах ближайшего РУ;
- ж) целостность плавких вставок (внешним осмотром) у предохранителя открытого типа;
- з) исправность цепи разрядного устройства;
- и) исправность всех контактов внешним осмотром электриче-

ской схемы включения батареи конденсаторов (токопроводящих шин, заземления, разъединителей, выключателей и т. п.);

к) наличие и исправность блокировок для обеспечения безопасности;

л) наличие и качество средств защиты (специальной штанги и др.) и средств тушения пожара.

Внеочередные осмотры конденсаторных установок производят в случаях появления разрядов (треска) в конденсаторах, повышения напряжения на зажимах или температуры окружающего воздуха до значений, близких к наивысшим допустимым, и т. д.

Обо всех осмотрах батареи конденсаторов и обнаруженных неисправностях делают соответствующие записи в оперативной документации.

При осмотре включенной конденсаторной установки снимать или открывать ограждающие устройства запрещается.

Очистку поверхности изоляторов, конденсаторов, аппаратуры и каркаса от пыли и различных загрязнений производят при отключенной батарее по мере необходимости в сроки, установленные лицом, ответственным за электрохозяйство.

Эксплуатация конденсаторов запрещается:

а) при напряжении на шинах, к которым присоединены конденсаторы, превышающем 110 % номинального напряжения конденсаторов;

б) при температуре окружающего воздуха, превышающей наивысшую или наименьшую температуру, допустимую для конденсаторов данного типа;

в) при вспучивании стенок конденсаторов;

г) при неравномерности нагрузки фаз конденсаторной установки более 10 % среднего значения тока;

д) при увеличении тока батареи более чем на 30 % номинального значения;

е) при капельной течи пропиточной жидкости;

ж) при повреждении фарфорового изолятора.

В помещениях конденсаторных батарей должны находиться:

а) однолинейная принципиальная схема конденсаторной установки с указанием номинальных токов плавких вставок предохранителей, защищающих отдельные конденсаторы, часть или всю конденсаторную установку, а также тока установок реле максимального тока в случае применения защитного реле;

б) термометр либо другой прибор для измерения температуры окружающего воздуха;

в) специальная штанга для контрольного разряда конденсаторов;

г) противопожарные средства — огнетушитель, ящик с песком и совок.

Термометр либо его датчик располагают в самом горячем месте батареи (посередине между конденсаторами) таким образом, чтобы была обеспечена возможность наблюдения за его показаниями без отключения конденсаторов и снятия ограждений.

При получении новой конденсаторной установки необходимо произвести внешний контроль ее технического состояния и составить акт приемки. При этом нужно проверить исправность упаковки, маркировку груза, отсутствие механических повреждений, исправность установки, корпуса, изоляторов, контактных стержней, болта для заземления корпуса (для конденсаторов, не имеющих вывода, соединенного с корпусом), наличие таблички завода-изготовителя с техническими данными, убедиться в отсутствии течи пропиточной жидкости.

Необходимо также ознакомиться с паспортом и указаниями завода-изготовителя по эксплуатации данной конденсаторной установки.

В паспорте конденсаторной батареи должен быть приведен список конденсаторов с указанием заводского номера, даты изготовления, номинального напряжения, мощности и емкости каждого конденсатора в соответствии с данными, указанными на щитке завода-изготовителя, и конденсаторной батареи в целом.

§ 79. ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Персонал, обслуживающий технологическое оборудование, на котором установлены электроизмерительные приборы и счетчики, несет ответственность за их сохранность и внешнее состояние. О всех ненормальностях в работе приборов и счетчиков он должен ставить в известность лицо, ответственное за состояние всего измерительного хозяйства данного предприятия, организации, учреждения. Вскрывать приборы цеховому персоналу не разрешается.

Электроизмерительные приборы, применяемые в качестве основных (исходных) образцовых приборов, подлежат государственной поверке. Все расчетные счетчики электроэнергии имеют действующие поверительные пломбы или клейма, или свидетельства о государственной поверке.

Однофазные бытовые электросчетчики проходят госпроверку не реже 1 раза в 8 лет.

Трехфазные электросчетчики проходят первую поверку через 2 года после ввода в эксплуатацию, затем 1 раз в 4 года.

Вновь устанавливаемые расчетные счетчики должны иметь пломбу (клеймо или свидетельство) государственной поверки с

давностью не более 12 мес. для трехфазных и не более 3 лет для однофазных счетчиков.

Ведомственную поверку электроизмерительных приборов производят в сроки, установленные техническим руководителем предприятия, организации или учреждения, но не реже чем указано ниже:

Группа приборов	Периодичность проверок
Щитовые приборы, по которым ведется режим основного оборудования	1 раз в 3 года
Остальные щитовые приборы	1 раз в 5 лет
Переносные приборы	1 раз в 2 года
Образцовые приборы	1 раз в год
Все приборы	После ремонта

На приборах, вышедших из ремонта, кроме обозначений, требуемых стандартом, указывают дату ремонта, класс прибора и наименование ремонтирующей организации.

На все электроизмерительные приборы и счетчики должны быть составлены паспорта (или журнал), в которых производят отметки о всех проведенных ремонтах и поверках.

Проведение поверки

При внешнем осмотре прибора должно быть установлено: отсутствие внешних повреждений и повреждений покрытия шкалы;

четкость всех надписей по ГОСТ 8711—78 и ГОСТ 8476—78;

укомплектованность прибора запасными частями, принадлежностями, необходимыми для проведения поверки.

При опробовании должно быть установлено надежное закрепление зажимов приборов, плавный ход и четкая фиксация переключателей.

Электрическую прочность и сопротивление изоляции проверяют по ГОСТ 8711—78 для амперметров и вольтметров и по ГОСТ 8476—78 — для ваттметров и варметров.

Электрическое сопротивление изоляции не должно превышать значения, установленного в ГОСТ 8711—78 для амперметров и вольтметров и в ГОСТ 8476—78 — для ваттметров и варметров.

Допускается электрическую прочность изоляции проверять на постоянном токе, если это предусмотрено в нормативно-технической документации (НТД) на приборы конкретных типов.

Поверка на постоянном токе

Амперметры классов точности 0,1—0,5 поверяют методом прямых измерений при помощи калибратора или косвенных измерений при помощи потенциометрической установки. Амперметры классов точности 1,0—5,0 поверяют методом непосредственного сличения при помощи образцовых амперметров и установки для поверки и градуировки электроизмерительных приборов по схемам, приведенным в НТД на образцовые средства измерений.

Вольтметры классов точности 0,1—0,5 поверяют методом прямых измерений при помощи калибратора или потенциометрической установки (вместо потенциометра может быть применен цифровой вольтметр), классов точности 1,0—5,0 — методом непосредственного сличения при помощи образцовых вольтметров и установки для поверки и градуировки электроизмерительных приборов по схемам, приведенным в НТД на образцовые средства измерений.

Ваттметры классов точности 0,1—0,5 поверяют методом косвенных измерений при помощи потенциометрической установки, ваттметры классов точности 1,0—5,0 — методом непосредственного сличения с образцовыми ваттметрами по схемам, приведенным в НТД на образцовые средства измерений.

Поверка на переменном токе

Амперметры классов точности 0,1—0,2 поверяют методом сличения при помощи компаратора, амперметры классов точности 0,5—4,0 — методом непосредственного сличения с образцовыми амперметрами или методом сличения при помощи компаратора по схемам, приведенным в НТД на образцовые средства измерений.

Вольтметры классов точности 0,1—0,5 поверяют методом непосредственного сличения с образцовыми вольтметрами или методом прямых измерений.

Положительные результаты должны быть оформлены:

первичной поверки — записью в паспорт прибора, удостоверенной в порядке, установленном предприятием-изготовителем;

периодической государственной поверки образцовых приборов — выдачей свидетельства.

Контрольные вопросы

1. Как производят замену ламп в цехах промышленных предприятий?
2. Что делают с отработавшими срок лампами, содержащими ртуть?
3. Как определить мощность компенсирующего устройства для улучшения коэффициента мощности ламп ДРЛ?
4. С какой целью применяют статические конденсаторы?
5. Как обслуживают батареи конденсаторных установок?
6. Как обслуживают электроизмерительные приборы?

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

ГЛАВА 19. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

§ 80. РЕМОНТ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

При текущих ремонтах ВЛ напряжением выше 1000 В выполняют:

верховые осмотры ВЛ; проверку состояния установки опор (отклонения, перекосы элементов и пр.), прочности соединительных мест (рис. 19.1), состояния противогнилостных мероприятий, бандажей, стрел провеса проводов, наличие опознавательных знаков и предупредительных плакатов; перетягивание отдельных участков сети, ремонт опор, поддерживающих конструкций; замена поврежденных изоляторов и сгнивших элементов отдельных опор;

ревизию и ремонт разрядников;

расчистку просек;

измерение изоляции, определение падения напряжения, нагрева соединителей.

При капитальных ремонтах ВЛ напряжением выше 1000 В выполняют:

ремонт фундаментов опор;

плановую замену после многолетней работы до 50 % опор и их конструктивных элементов;

ревизию и замену некондиционных проводов, полная перетяжка линии;

частичную замену фарфоровых изоляторов (рис. 19.2);

выправление опор;

проверка наличия трещин в железобетонных опорах и приставках;

восстановление противогнилостных обмазок;

испытание ВЛ в соответствии с ПТЭ и ПТБ.

Крен железобетонных опор на трассе можно устранять, не снимая напряжения с линии, если величина крена не превышает 20°, а скорость ветра — 10 м/с. Выправку как вдоль, так и поперек линии производят путем создания тяжения по тяговому тросу в сторону, противоположную крену опоры. Усилие в тяговом тросе

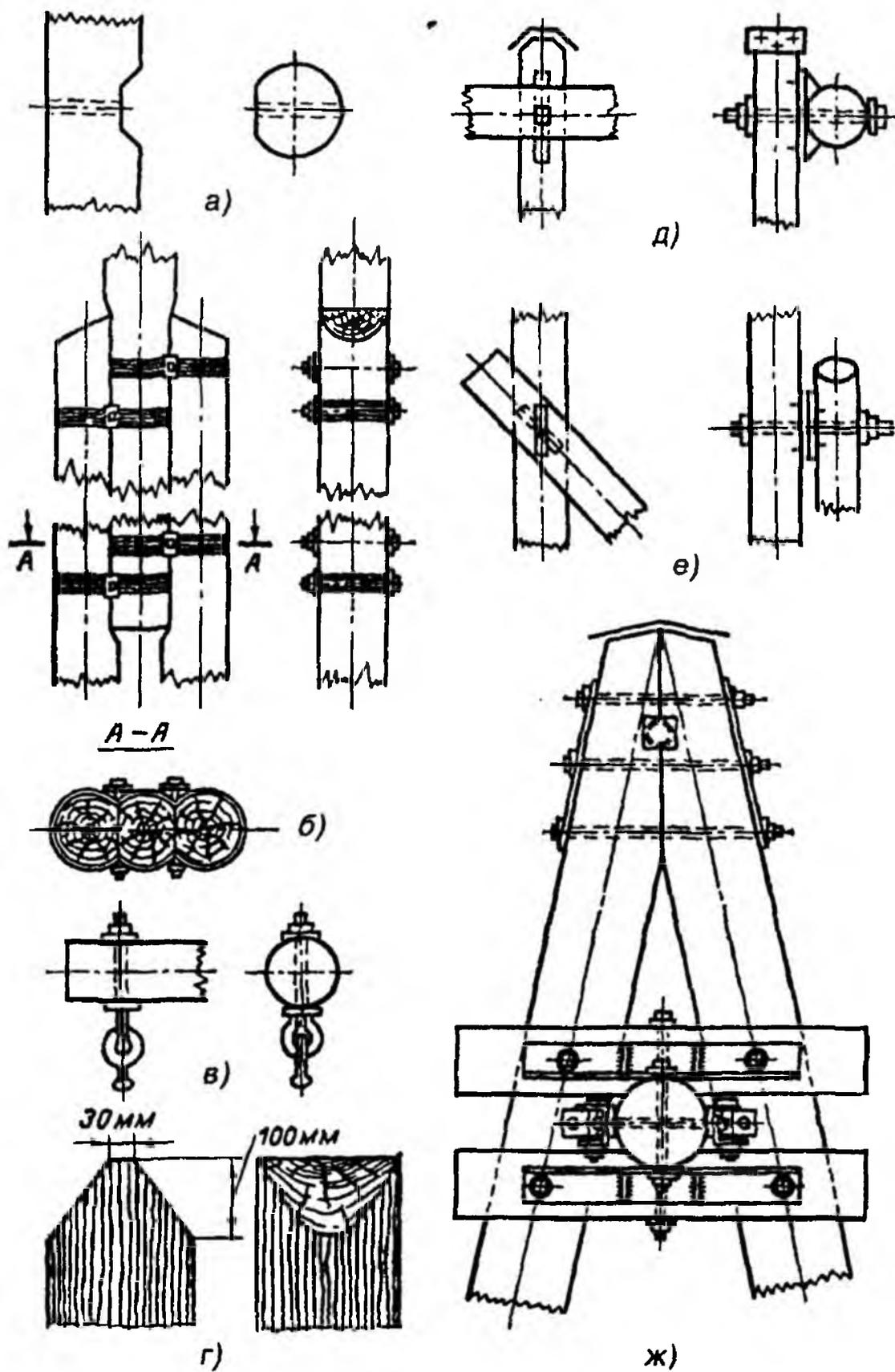


Рис. 19.1. Примеры сочленений деталей деревянных опор при сборке:

a — траверсы со стойкой врубкой; *б* — стойки с приставкой; *в* — крепление гирлянды изоляторов к траверсе; *г* — затес верхних торцов стоек промежуточных опор; *д* — траверсы со стойкой без врубки; *е* — раскоса со стойкой; *ж* — верхней части АН-образной опоры

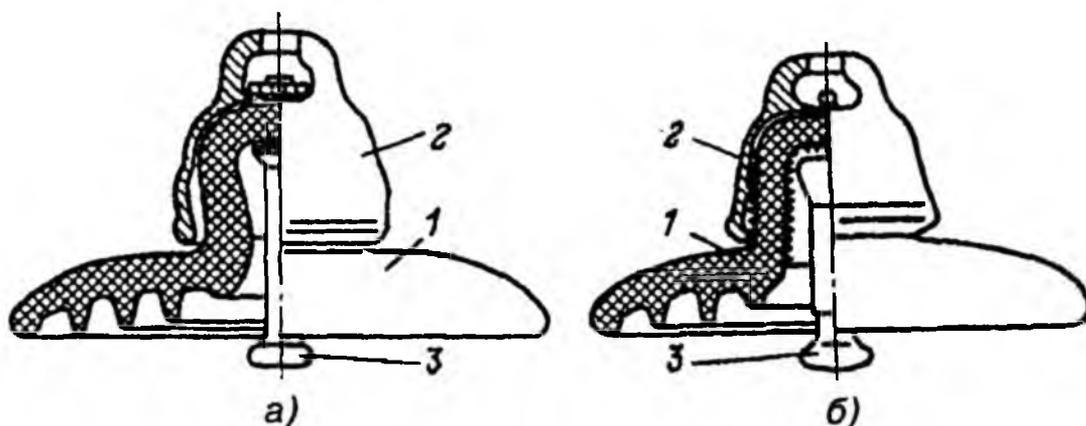


Рис. 19.2. Подвесные изоляторы:

a — с заделкой клинового типа; *b* — с заделкой арочного типа; 1 — тарелка; 2 — шапка изолятора; 3 — стержень

увеличивают после откопки основания опоры на нужную глубину. Котлован выправленной опоры засыпают землей с послойной трамбовкой. При обнаружении трещин в железобетонных опорах их промазывают битумом или цементным раствором (табл. 53). Перед промазкой цементным раствором тщательно очищают поверхность старого бетона опоры и увлажняют его. Залитые трещины затирают, сколы наращивают.

Т а б л и ц а 53. Состав цементных растворов для ремонта железобетонных опор

Номер раствора	Состав в частях		На 1 м ³ раствора		
	цемент	песок	цемент, кг	песок, м ³	вода, м ³
1	1	3	467	1	0,315
2	1	4	368	1,05	0,310

Ремонт проводов. При обнаружении повреждения провода на этом месте ставят метку и сообщают бригадиру, который определяет способ ремонта и организует его (табл. 54).

При обрыве до 30 % проволок на место их повреждения устанавливают ремонтную муфту, а если повреждено более 30 % проволок, то провод разрезают и соединяют с помощью овального соединителя (рис. 19.3, *a*) методом скручивания (можно применять термитную сварку). Расстояние между ремонтными муфтами, соединителем и ремонтной муфтой, а также двумя соединителями должно быть не менее 15 м.

Количество соединителей и муфт на одном проводе в пролете должно быть не более трех, в том числе не более двух соединителей и одной ремонтной муфты. В пролетах пересечения ВЛ с инженерными сооружениями установку соединителей и муфт не допускают.

Таблица 54. Ремонт проводов

Количество поврежденных проволок на длине до 15 м	Метод ремонта	Нормальное количество проволок в проводе
1	Поврежденные проволоки подогнать под один размер, а на концах установить ремонтные муфты	6—7
1—2		19
1—3		28
2	Поврежденные проволоки подогнать под один размер, на дефектном участке вплести проволоки, на одну меньше числа отсутствующих, после чего в местах обрыва установить ремонтные муфты	6—7
3—5		19
4—8		28
3	Поврежденный участок вырезать, установить соединительный зажим	6—7
6		19
9		28

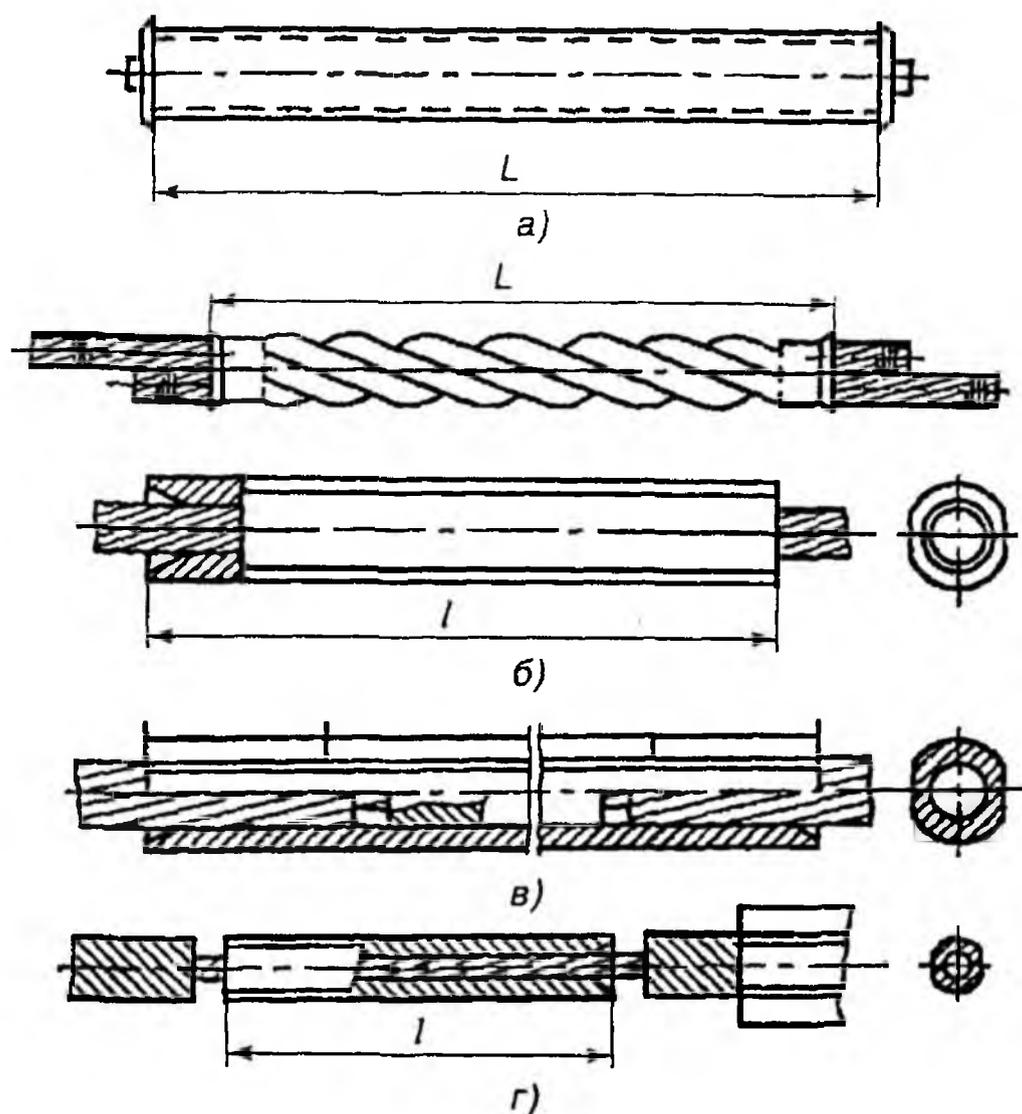


Рис. 19.3. Овальный соединитель с введенными в него проводами:

a — овальный, монтируемый обжатием; *б* — овальный, монтируемый скручиванием; *в* — овальный, прессуемый для монометаллических проводов; *г* — то же для сталеалюминиевых проводов

Монтаж ремонтной муфты производят в такой последовательности (см. рис. 19.3): матрицу и пуансон подбирают в соответствии с маркой ремонтируемого провода; берут овальный соединитель, разрезают по продольной оси, и торцы его развальцовывают напильником; края разводят на расстояние, обеспечивающее свободную укладку в муфту ремонтируемого провода; проволоки укладывают по направлению повива, на расстоянии 200 мм по обе стороны от места повреждения накладывают бандажи; корпус муфты надевают на провод так, чтобы поврежденные жилы были на равном расстоянии от концов муфты; легким постукиванием молотка через прокладку разведенные концы подгибают, материал прокладки должен соответствовать материалу муфты; производят опрессование муфты.

При установке овального соединителя его надвигают на один из концов соединяемых проводов. Второй конец провода вводят в соединитель внахлестку (см. рис. 19.3, б). Концы соединяемых проводов должны выходить из соединителя на 20—40 мм, на них надевают бандажи. Монтаж проводов овальными соединителями производят с помощью приспособлений (табл. 55).

Т а б л и ц а 55. Скручиваемые овальные соединители

Марка провода	Тип соединителя	Приспособление	Число оборотов скручивания
АС-10	ССАС-10-2А	МИ-189А	3,5
АС-16	СОАС-16-2А		4
АС-25	СОАС-25-2А		4
АС-35	СОАС-35-2А		4
АС-50	СОАС-50-2А		4,5
АС-70	СОАС-70-2А	МИ-230А	4
АС-95	СОАС-95-2А		4,5
АС-120	СОАС-120-2А		4,5
АС-150	СОАС-150-2А		4,5
			4,5

Скрутку проводов производят так:

ослабляют гайку откидного болта 1 (рис. 19.4);

снимают верхнюю откидную плашку 2;

соединитель с введенными в него проводами устанавливают в прорезь головки корпуса и, развернув на 90°, кладут плоской стороной один конец на ползушку, а другой конец — на нижнюю плашку 3 так, чтобы концы соединителя выступали на плашки не более чем на 5 мм;

устанавливают верхнюю плашку на соединитель, крепят ее гайками до упора;

вставляют рычаг 4 в отверстие головки и закручивают соедини-

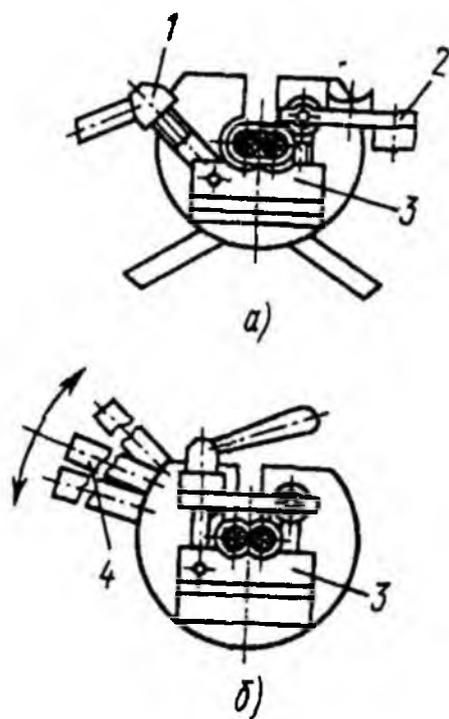


Рис. 19.4. Заушные узлы приспособления МИ-189А:
а — ползушка; б — поворотная часть

тель на 4—4,5 оборотов в любую сторону. При скручивании соединителей СОАС-150-2А и СОАС-185-2А допускают применение дополнительного рычага.

Скрученный соединитель (рис. 19.3, б) освобождают от плашек или матриц и вынимают из приспособления через прорез корпуса. Натяжку проводов, соединенных между собой и поднятых на опоры, производят с усилием, достаточным для удержания их на нужном расстоянии от земли. При помощи расчетных таблиц определяют стрелу провеса, откладывают полученную величину на двух рейках. Рейки с отметками подвешивают на двух соседних опорах на высоте мест крепления провода. Монтер располагается на одной опоре так, чтобы уровень его глаз находился у нижней отметки рейки, подвешенной на этой же опоре. Во время натяжки провода монтер «визирует» (смотрит через бинокль на отметку рейки, подвешенной

на соседней опоре) и дает команду прекратить натяжку провода, когда нижняя точка поднимаемого провода будет расположена на прямой, соединяющей отметки на рейках.

§ 81. РЕМОНТ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Сроки и объемы капитального ремонта линий электропередач устанавливают по результатам осмотров, измерений и испытаний. В работы по капитальному ремонту входят смена опор, пасынков, траверс, проводов. При ремонтах нельзя изменять конструкцию опоры без соответствующего расчета.

При текущем ремонте производят выправку опор, подтяжку и смену бандажей, подтяжку и регулирование провеса проводов, смену изоляторов и др.

На промышленных предприятиях для охранного освещения широко применяют деревянные опоры. Для продления срока их службы при ремонтных работах производят диффузионную пропитку древесины опор. Технологический процесс дополнительной пропитки состоит в следующем: подземную часть опоры отрывают на всю зону загнивания, очищают от гнили до здоровой древесины и определяют диаметр здоровой части в наиболее опасной по гниению зоне с целью установления пригодности столбов для дополнитель-

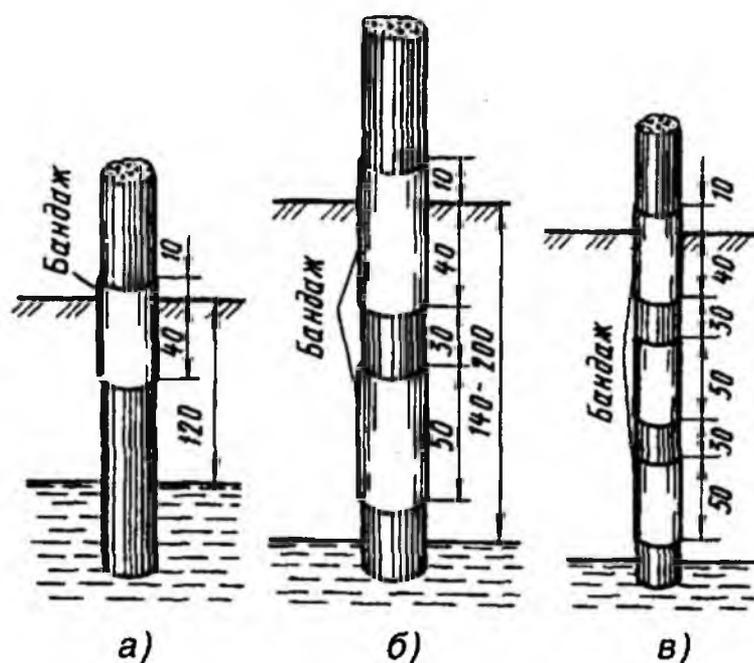


Рис. 19.5. Расположение бандажей на столбах при летнем уровне грунтовых вод ниже уровня земли:

a — до 120 см; *б* — на 120—200 см; *в* — на 250 и более

ной пропитки. В зависимости от зоны распространения гнили на столб надевают один, два или три бандажа (рис. 19.5).

В загнивших и опасных по гниению надземных участках опор расчищают трещины до здоровой древесины и заполняют антисептической пастой при помощи масленки или другого приспособления. Пасту предварительно разбавляют водой из расчета на 100 частей пасты 20 частей воды.

После заполнения трещин на пасту и прилегающую к трещине поверхность опоры наносят слой гидроизоляции при помощи кисти или распылителя. Антисептической пастой одновременно с обработкой трещин заливают все места сопряжения между деталями опор. При обнаружении загнившей заболони в столбах, имеющих неглубокую (5—10 мм) пропитку, на опасную по гниению зону надевают антисептический бандаж.

Обработку деталей опор начинают с верхних, наиболее удаленных деталей, чтобы избежать соприкосновения работающего с обработанными деталями. Работы по дополнительной пропитке опор производят сразу после весеннего осмотра.

Изготовление антисептических бандажей. Антисептический бандаж состоит из двух слоев: наружного водонепроницаемого слоя, изготовляемого из толя, рубероида или пергамина; внутреннего, соприкасающегося с древесиной слоя из антисептической пасты.

Ширину бандажа принимают 50 см, длину в зависимости от толщины столба в месте установки бандажа (табл. 56). На поверх-

ность водонепроницаемого слоя наносят антисептические пасты, составы которых приведены в табл. 57.

Для регулирования расхода пасты на бандажи различной длины применяют мерные ковши, объем которых соответствует норме пасты для нужного размера бандажа. Пасту, взятую ковшом, накладывают на заранее отрезанный кусок толя и при помощи шпателя равномерно наносят по поверхности толя, причем на кромки бандажа шириной 1 см и полосу 5 см (которая при надевании бандажа будет перекрывать бандаж на стыке) пасту не наносят.

Т а б л и ц а 56. Нормы расхода антисептика на бандаж

Диаметр столба в месте надевания бандажа, мм	Длина бандажа, см	Количество антисептика в пасте, наносимого на один бандаж, г	
		фтористый натрий	уралит
До 20	70	400	350
21—25	85	500	400
26—30	100	600	500
31—35	115	700	600
36—40	130	800	700

Т а б л и ц а 57. Весовые соотношения составных частей паст (в %)

Антисептик	Пасты на экстракте сульфитных щелоков			Паста-концентрат на угольном лаке Б с каолином		
	Анти-септик	Экс-тракт	Вода	Анти-септик	Лак Б и глина	Вода
Уралит или технический фтористый натрий	44	18	38	—	—	—
Фтористый натрий технический	—	—	—	44	23	23

§ 82. РЕМОНТ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

В процессе работы кабельных линий (КЛ) могут возникать повреждения в кабелях, соединительных муфтах или заделках. Повреждения носят характер электрического пробоя.

При *текущем* ремонте КЛ выполняют следующие работы:

осмотр и чистку кабельных каналов, туннелей, трасс открыто проложенных кабелей, концевых воронок, соединительных муфт, рихтовка кабелей, восстановление утраченной маркировки, определение температуры нагрева кабеля и контроль за коррозией кабельных оболочек;

проверку заземления и устранение обнаруженных дефектов; проверку доступа к кабельным колодцам и исправности крышек колодцев и запоров на них;

перекладку отдельных участков кабельной сети, испытание повышенным напряжением (для кабелей напряжением выше 1 кВ или проверка изоляции мегаомметром для кабелей ниже 1 кВ), доливку кабельной мастикой воронок и соединительных муфт, ремонт кабельных каналов.

При капитальном ремонте КЛ выполняют:

частичную или полную замену (по мере необходимости) участков кабельной сети, окраску кабельных конструкций, переразделку отдельных концевых воронок, кабельных соединительных муфт, замену опознавательных знаков, устройство дополнительной механической защиты в местах возможных повреждений кабеля.

Ремонт кабелей, проложенных в траншеях. При необходимости замены КЛ или части ее, вскрытие усовершенствованных покрытий производят электробетонолом С-850 или электромолотком С-849, мотобетонолом С-329, пневмобетонолом С-358.

Материал покрытия сбрасывают на одну сторону траншеи на расстояние не менее 500 мм от края, а грунт на другую сторону — на расстояние не менее 500 мм от края. Траншею роют прямолинейной, а на поворотах — расширенной для обеспечения прокладки кабелей с необходимым радиусом закругления.

Траншеи, при отсутствии грунтовых вод и подземных сооружений, роют без крепления вертикальных стенок на глубину, указанную ниже (в м):

В песчаных грунтах	1
В супесях	1,25
В суглинках, глинах	1,5
В особо плотных грунтах	2

Траншеи в местах движения людей и транспорта ограждают и возле них устанавливают предупредительные надписи, а в ночное время — дополнительное сигнальное освещение. Расстояние между ограждением и осью ближайшего рельса железнодорожного пути нормальной колеи должно быть не менее 2,5 м, а узкой колеи — не менее 2 м.

Перед укладкой новых кабелей в траншею выполняют следующие работы: закрепляют трубы в траншее в местах пересечений и сближений трассы с дорогами, подземными коммуникациями и сооружениями; удаляют из траншеи воду, камни и прочие предметы и выравнивают ее дно; делают подсыпку толщиной 100 мм на дне траншеи мелкой землей и готовят вдоль трассы мелкую землю для присыпки кабеля после прокладки; готовят вдоль трассы кирпич или железобетонные плиты для защиты кабеля, когда такая защита

необходима. Материалы, подверженные гниению и разложению в земле (дерево, силикатный кирпич и т. п.), применять для защиты кабелей нельзя.

В местах пересечений и сближений с инженерными сооружениями применяют бетонные, железобетонные, керамические, чугунные или пластмассовые трубы. Стальные трубы применяют только для выполнения прохода участка трассы методом прокола грунта.

Глубина заложения для кабелей напряжением до 10 кВ от планировочной отметки должна составлять 0,7 м. Перед прокладкой кабеля производят внешний осмотр верхних витков кабеля на барабане. В случае обнаружения повреждений (вмятины, проколы на витках, трещины в «каппе» и т. п.) прокладку кабеля разрешают только после вырезки поврежденных мест, проверки изоляции на отсутствие влажности и напайки на концы кабеля новых капп. При ремонтных работах раскатку кабеля с барабана чаще всего выполняют с помощью лебедки.

Допустимые усилия тяжения для кабелей напряжением до 10 кВ приведены в табл. 58. Усилие тяжения при раскатке кабеля напряжением до 10 кВ контролируют с помощью динамометра два опытных монтера, которые находятся у барабана и следят за размоткой кабеля.

Т а б л и ц а 58. Допустимые усилия тяжения при раскатке для кабелей до 10 кВ

Сечение ка- беля, мм ²	Допустимое усилие, кН, при тяжении					
	за алюминиевую оболочку* кабеля на напряжение, кВ			за жилы		
	1	6	10	медные	многопро- волочные алюминие- вые	однопрово- лочные алюминие- вые
3 × 240	7,4	9,3	9,8	35	27,4	13,7**
3 × 185	6,4	7,4	8,3	26	21,6	10,8**
3 × 150	5,9	6,4	7,4	22	17,6	8,8**
3 × 120	3,9	4,9	6,4	17,6	13,7	6,9**
3 × 95	3,4	4,4	5,7	13,7	10,8	5,4**
3 × 70	2,9	3,9	4,9	10,0	8,2	3,9**
3 × 50	2,3	3,4	4,4	7,0	5,9	5,9
3 × 25	1,7	2,8	3,7	3,4	2,9	2,9

* Тяжение кабелей с пластмассовой и свинцовой оболочками допускается только за жилы.

** Жила из мягкого алюминия с относительным удалением не менее 30 %.

Кабели укладывают с запасом, равным 1—3 % его длины (змейкой), для исключения опасных механических напряжений при

смещениях почвы и температурных деформациях укладку кабеля змейкой при тяжении лебедкой выполняют после окончания раскатки с барабана в процессе перекладки кабеля на дно траншеи. При параллельной прокладке кабелей в траншее концы их, предназначенные для последующего монтажа соединительных муфт, располагают со сдвигом мест соединения не менее чем на 2 м. Одновременно предусматривают запас концов кабеля по длине, необходимый для проверки изоляции на влажность, монтажа соединительных муфт и укладки дуги компенсаторов, предохраняющих муфты от повреждения при возможных смещениях почвы и температурных деформациях кабеля, а также на случай перерезки муфт при их повреждении.

В стесненных условиях при больших потоках действующих кабелей можно располагать компенсаторы в вертикальной плоскости, размещая муфты ниже уровня прокладки кабелей. Число соединительных муфт на 1 км заменяемых кабельных линий должно быть для трехжильных кабелей 1—10 кВ сечением до $3 \times 95 \text{ мм}^2$ не более 4 шт., а сечением $3 \times 95 \div 2 \times 240 \text{ мм}^2$ — 5 шт.

Замена кабелей в блоках. Замену дефектных кабельных линий производят, как правило, путем использования резервных отверстий блочной канализации. Осмотр колодца производят два электромонтера под наблюдением руководителя работ (мастера). При этом один электромонтер в монтерском поясе с привязанной к нему веревкой опускается в колодец, а второй электромонтер, у которого находится конец веревки на случай оказания помощи первому, остается снаружи у открытого люка колодца.

Во избежание взрыва при проведении работ в колодцах нельзя курить, зажигать спички и пользоваться открытым огнем. При работе в колодце можно применять светильники переносного освещения на напряжение не выше 12 В. Над открытыми люками колодцев устанавливают ограждение в виде треног с предупредительными знаками и фонарями.

Максимально допустимые усилия тяжения кабелей марок ВВГ, АВВГ, ВРГ и АВРГ с креплением каната за жилы можно принимать по табл. 58 с коэффициентом: для мелких жил — 0,7; для алюминиевых жил из твердого алюминия — 0,5; для алюминиевых жил из мягкого алюминия — 0,25. Для уменьшения усилий тяжения при протяжке кабеля допускают применение смазки, не содержащей веществ, вредно действующих на его оболочку (тавот, солидол). Расход густой смазки составляет 8—10 кг на каждом 100 м кабеля.

Протяжку кабеля производят со скоростью 0,6—1 км/ч и по возможности без остановки, чтобы при трогании кабеля с места избежать больших усилий тяжения. После окончания протяжки кабель укладывают в колодце на опорные конструкции, его концы

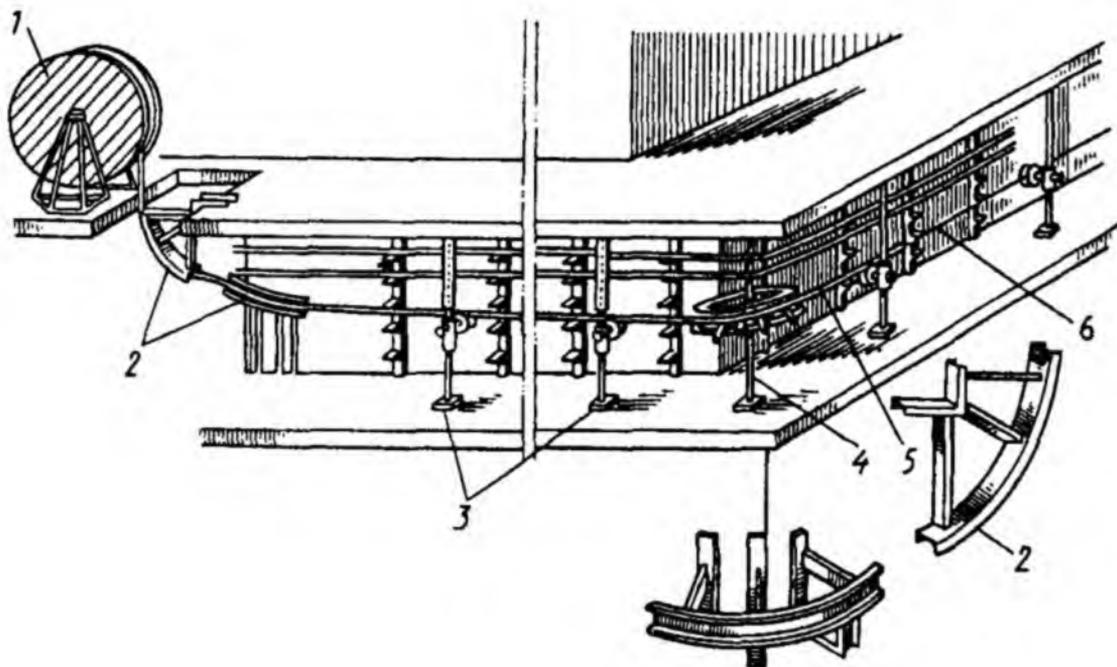


Рис. 19.6. Раскатка кабеля в туннеле с применением роликов:

1 — барабан с кабелем; 2 — угловые направляющие; 3 — линейные распорные ролики; 4 — угловой раскатный ролик; 5 — кабель; 6 — трос лебедки

герметизируют, а во всех местах выхода кабеля из каналов блока кладут эластичные подкладки (например, листовой асбест) для защиты его оболочки от истирания. Соединительные муфты в колодце после их монтажа помещают в разъемный защитный противопожарный кожух.

На вводах блоков в здании, туннели и т. д. отверстия в блоках после прокладки кабелей заделывают несгораемым и легко разрушаемым материалом. В местах сближения кабелей на расстояние меньше допустимого (например, в местах выхода кабелей из труб, в местах пересечений и т. п.) на кабели надевают асбестоцементные кольца.

Замена кабелей в кабельных помещениях. В кабельных помещениях (рис. 19.6) допускается прокладывать только кабели без наружного сгораемого покрова, например кабели, имеющие поверх брони несгораемый волокнистый покров или несгораемый шланг из поливинилхлорида или других равноценных по несгораемости материалов, а также кабели с несгораемой оболочкой.

Если при замене применяют кабель со сгораемым наружным покровом, то покров удаляют на участке всей трассы внутри кабельного сооружения до самого места выхода из трубы или проема. Небронированные кабели с полиэтиленовой оболочкой по условиям пожарной безопасности прокладывать в помещениях нельзя.

Замена кабелей в производственных помещениях. Внутри производственных помещений можно прокладывать только бронирован-

ные кабели без сгораемого наружного покрова и небронированные кабели с несгораемой оболочкой. В помещениях с агрессивной средой применяют кабели с поливинилхлоридной и другими оболочками, стойкими против воздействия агрессивной среды.

Подъем и укладку новых кабелей на лотки и в короба на коротких участках трассы выполняют с передвижных вышек, платформ, подмостей, стремянок и т. п. Кабели на лотках укладывают в один ряд. Можно прокладывать кабели без зазора между ними, а также пучками вплотную друг к другу в 2—3 слоя (в пучке) и, как исключение, в три слоя. Наружный диаметр пучка должен быть не более 100 мм.

В коробах кабели и провода прокладывают многослойно с произвольным взаимным расположением. Высота слоев в одном коробе не должна превышать 150 мм.

Особенности применения кабелей марки ААШв. Кабели марки ААШв применяют согласно «Единым техническим указаниям по выбору и применению электрических кабелей». Эти кабели при температурах окружающего воздуха выше $+30^{\circ}\text{C}$ и ниже -20°C не прокладывают и не перематывают.

При любом виде прокладки кабельная трасса должна иметь минимальное число поворотов, как правило, не более трех на одну строительную длину, не считая поворотов при вводе кабеля в здание и сооружения. Прокладку кабелей в трубах допускают только на прямолинейных участках длиной не более 40 м и на вводах в здания и в кабельные сооружения.

Внутренний диаметр труб, применяемых для прокладки кабелей марки ААШв, во всех случаях должен быть не менее двукратного диаметра кабеля. Для защиты кабелей от механических повреждений на вертикальных участках применяют кожухи из листовой стали.

В действующих кабельных сооружениях при сложных условиях для механизированной прокладки применяют ручной способ. При прокладке кабелей вручную трение их о землю, пол, стены и т. п. должно быть исключено. Разгрузку, погрузку и транспортировку кабеля марки ААШв при температурах ниже -10°C производят с особой осторожностью.

При прогреве кабеля трехфазным током соединяют накоротко все жилы кабеля на его внутреннем конце (см. рис. 7.18), а при однофазном или постоянном токе, кроме того, две жилы кабеля на его наружном конце. Одним проводом цепи должны служить две жилы, соединенные между собой параллельно, а вторым проводом — третья жила кабеля. Значения силы тока при прогреве кабелей приведены в табл. 59.

Т а б л и ц а 59. Допустимые значения силы тока при прогревании кабелей, А

Сечение жил, мм ²	Допустимый ток, А, для жил	
	медных	алюминиевых
70	145	115
95	195	150
120	233	180
150	310	210

Ремонт защитного шланга кабеля марки ААШв. Ремонт повреждений защитного шланга производят сваркой в струе горячего воздуха при температуре 170—200°С при помощи сварочного пистолета с электрическим подогревом воздуха или газоздушным пистолетом. Сжатый воздух при этом подводят давлением $0,98 \cdot 10^4$ — $3,9 \cdot 10^4$ Па от компрессора или баллона со сжатым воздухом.

В качестве присадки при сварке применяют поливинилхлоридный пруток диаметром 4—6 мм. Места, подлежащие ремонту, перед сваркой очищают кабельным ножом, вырезают посторонние включения и срезают выступающие края и задиры в местах повреждения шланга. Разрывы шланга ремонтируют с применением поливинилхлоридных заплат или разрезных манжет.

Заплату изготавливают из пластика так, чтобы края ее на 1,5—2 мм перекрывали место разрыва. По всему периметру заплату приваривают к шлангу, затем вдоль образовавшегося шва приваривают присадочный пруток, а выступающие поверхности прутка срезают и производят выравнивание шва в месте сварки.

При ремонте шланга с применением разрезной манжеты отрезают кусок поливинилхлоридной трубки на 35—40 мм больше длины поврежденного места, разрезают трубку вдоль и надевают ее на кабель симметрично месту повреждения. Манжету временно закрепляют поливинилхлоридной лентой с шагом 20—25 мм, приваривают конец прутка в месте стыка манжеты со шлангом, а затем укладывают и приваривают пруток вокруг торца манжеты. Снимают ленты крепления, приваривают пруток вдоль разреза манжеты, срезают выступающие поверхности прутка и производят окончательное выравнивание всех сварных швов.

При ремонте проколов, небольших отверстий и раковин место повреждения в шланге и конец присадочного прутка прогревают в течение 3—5 с струей горячего воздуха, конец прутка прижимают и приваривают к шлангу в месте разогрева. После охлаждения, убедившись в прочности приварки прутка, его отрезают.

С целью герметизации шланга и выравнивания сварочного шва место ремонта прогревают до появления признаков плавления, к

разогретому месту прижимают кусок кабельной бумаги, сложенной в три-четыре слоя. Для надежности операцию повторяют 3—4 раза.

При открытой прокладке кабеля ремонт шланга можно производить подмоткой не менее чем в два слоя, липкой поливинилхлоридной лентой с перекрытием и с промазкой поливинилхлоридным лаком № 1.

Соединение и оконцевание кабельных жил и проводов. Контактные соединения токопроводящих жил можно выполнять опрессованием, сваркой или пайкой (см. гл. 2).

Технологические операции по соединению и оконцеванию кабелей при ремонте аналогичны операциям при монтаже и подробно рассмотрены в гл. 2.

При ремонте брони КЛ поврежденную часть снимают, обрез брони спаивают со свинцовой оболочкой, не покрытую броней часть защищают антикоррозийным составом. Если необходимо отремонтировать оболочку кабеля, то по обе стороны от места ее повреждения осматривают поясную изоляцию, проверяют верхний слой изоляции на отсутствие влаги. Для этого снимают ленты бумажной изоляции с поврежденного кабеля и погружают их в нагретый до 150°С парафин. Потрескивания и выделения пены свидетельствуют о проникновении влаги внутрь кабеля под свинцовую оболочку. Если влаги внутри кабеля нет, на поврежденную часть оболочки надевают разрезанную свинцовую трубу с двумя заливочными отверстиями. Трубу составляют из рольного свинца (две половинки). Она должна быть на 70—80 мм больше оголенной части кабеля. После заливки горячей мастики трубу запаивают по шву и на нее накладывают медный бандаж, который припаивают к свинцовой оболочке. Если внутри кабеля есть влага, поврежденный участок вырезают.

Контрольные вопросы

1. Какие работы выполняют при текущем ремонте ВЛ напряжением выше 1000 В?
2. Какими способами соединяют провода ВЛ?
3. Как устанавливают сроки и объемы капитального ремонта ВЛ напряжением до 1000 В?
4. Какие работы выполняют при текущем ремонте кабельных линий?
5. Какие работы выполняют при капитальном ремонте кабельных линий?
6. Как соединяют участки кабельных линий?
7. Какие технологические приемы применяют при оконцевании кабелей?

ГЛАВА 20. РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И УСТАНОВОК

§ 83. РЕМОНТ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

При текущем ремонте трансформаторов производят наружный осмотр трансформатора и всей арматуры: спуск грязи из расширителя; доливку масла (в случае необходимости); проверку маслоуказательных устройств, спускного крана и уплотнений, пробивных предохранителей у трансформаторов с незаземленным нулем с низкой стороны, рабочего и защитного заземления, сопротивления изоляции обмоток, испытание трансформаторного масла, проверку газовой защиты.

При капитальном ремонте трансформаторов производят вскрытие трансформатора; подъем сердечника и осмотр его; ремонт выемной части (стали, обмотки, переключателей, отводов); ремонт крышки расширителя, кранов, изоляторов, охлаждающих и маслоочистительных устройств; чистку и в случае необходимости окраску кожуха; проверку контрольно-измерительных приборов, сигнальных и защитных устройств; очистку или замену масла; сушку изоляции; сборку трансформатора, проведение установленных измерений и испытаний трансформатора.

Условия вскрытия и ревизии. Изоляцию трансформатора, выведенного в ремонт, предварительно испытывают мегаомметром для определения необходимости сушки. Чтобы избежать увлажнения изоляции в процессе ремонта, активную часть трансформатора можно держать вне масла; при температуре окружающего воздуха 0°C или при относительной влажности выше 75 % — 12 ч, при влажности 65—75 % — 16 ч, и при влажности до 65 % — 24 ч. Трансформатор вскрывают для ревизии при температуре активной части, равной или выше температуры окружающей среды. При температуре окружающего воздуха ниже нуля трансформатор с маслом подогревают до 20°C . У сухих трансформаторов температура, измеренная на ярме, должна быть не ниже 10°C . Время нахождения активной части вне масла при ремонте может быть увеличено вдвое по сравнению с указанными выше нормами при температуре окружающего воздуха выше 0°C , влажности ниже 75 % и температуре активной части не менее чем на 10°C выше температуры окружающего воздуха. Влажность воздуха измеряют психрометром или двумя термометрами, один из них увлажняют смоченной ватой. По разности показаний сухого и увлажненного термометров определяют влажность воздуха в процентах, пользуясь психрометрической таблицей.

Т а б л и ц а 60. Характерные повреждения силовых трансформаторов

Элементы трансформатора	Повреждение	Возможные причины
Обмотки	Межвитковое замыкание	Естественное старение и износ изоляции; систематические перегрузки трансформатора; динамические усилия при сквозных коротких замыканиях
	Замыкание на корпус (пробой); междуфазное замыкание	Старение изоляции, увлажнение масла и понижение его уровня; внутренние и внешние перенапряжения; деформация обмоток вследствие динамических нагрузок при сквозных коротких замыканиях
	Обрыв цепи	Отгорание отводов обмотки в результате низкого качества соединения или электродинамических нагрузок при коротких замыканиях
Переключатели напряжения	Отсутствие контакта	Нарушение регулировки переключающего устройства
	Оплавление контактной поверхности	Термическое воздействие сверхтоков на контакт при коротких замыканиях
	Перекрытие на корпус	Трещины в изоляторах; понижение уровня масла в трансформаторе при одновременном загрязнении внутренней поверхности изолятора
Магнитопровод	Перекрытие между вводами отдельных фаз	Повреждение изоляции отводов к вводам или переключателю
	Увеличение тока холостого хода «Пожар стали»	Ослабление шихтованного пакета магнитопровода Нарушение изоляции между отдельными пластинами стали или изоляции стяжных болтов; слабая прессовка пластин; образование короткозамкнутого контура при повреждении изоляционных прокладок между ярмом и магнитопроводом; образование короткозамкнутого контура при выполнении заземления магнитопровода со стороны вводов обмоток ВН и НН
Бак и арматура	Течь масла из сварных швов, кранов и фланцевых соединений	Нарушение сварного шва от механических или температурных воздействий; плохо притерта пробка крана; повреждена прокладка под фланцем

Осмотр и дефектация. Возможные неисправности силовых трансформаторов приведены в табл. 60. При наличии технической документации дефектация сводится к осмотру и определению состояния и комплектности трансформатора, уточнению условий и возможностей организации ремонта на месте. При отсутствии технической документации осмотр и дефектацию производят в полном

объеме с выполнением необходимых замеров и испытаний. Результаты осмотра и дефектации заносят в специальную ведомость дефектов. Последовательность операций разборки, ремонта узлов и сборки силового трансформатора приведены в табл. 61—66.

Т а б л и ц а 61. Ремонт обмоток силовых трансформаторов

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Устранение: поверхностных повреждений небольших участков витковой изоляции	Поврежденную витковую изоляцию восстанавливают путем наложения на оголенный провод витка слоя маслостойкой лакоткани ЛХСМ в полуперекрышу	Эти дефекты устраняют без демонтажа обмоток
ослабления прессовки обмоток незначительной деформации отдельных секций повреждений изоляции отвода	Обмотки, не имеющие прессующих колец, подпрессовывают Изоляцию отвода восстанавливают путем наложения на поврежденный участок двух слоев лакоткани шириной 25—30 мм	По всей окружности обмотки между уравнильной и ярмовой изоляциями забивают дополнительные прокладки из прессованного электрокартона
Ремонт изоляции обмоток с использованием провода поврежденной катушки (рис. 20.1)	Поврежденную изоляцию удаляют обжигом в печи при температуре 450—500°С. Витки изолируют кабельной бумагой или тафтяной лентой в два слоя с перекрытием	Изолированной катушкой придают нужный размер путем подпрессовки. Изготовленную катушку высушивают, пропитывают лаком ГФ-95 и запекают при температуре 100°С в течение 8—12 ч.
Изготовление новой обмотки в зависимости от ее типа	Для этой операции применяют обмоточные станки с ручным или моторным приводом. Катушку наматывают на шаблоне	На шаблон перед намоткой провода накладывают слой электротехнического картона толщиной 0,5 мм, предохраняющего витки первого слоя от сдвига при снятии катушки
Изготовление цилиндрической обмотки НН на провода прямоугольного профиля	При намотке однослойной катушки витки закрепляют с помощью бандажа из киперной ленты. При намотке многослойных катушек бандажирование не делают	При переходе из одного слоя в другой в местах перехода прокладывают полосу прессшпана на 4—5 мм больше ширины витка для предохранения изоляции крайних витков (рис. 20.2).
Изготовление многослойной обмотки НН из круглого провода	Каждый слой обматывают кабельной бумагой, которой покрывают все витки и пояски, уложенные в торцах шаблона	Поясок изготавливают в виде полоски из электротехнического картона толщиной, равной диаметру провода. Сам поясок схватывают бумагой шириной 25 мм и укладывают в торце шаблона

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Соединение обмоток	Провода сечением до 40 мм ² соединяют пайкой паяльником, большего сечения — специальными клещами. Припой — фосфористая бронза диаметром 3—4 мм или серебряные припои ПСр-45, ПСр-70	При пайке проводов применяют флюс-канифоль (кислотой пользоваться запрещается) или флюспорошкообразную буру
Пропитка и сушка обмоток (рис. 20.3)	Обмотки опускают в глифталевый лак и выдерживают до полного выхода пузырьков воздуха, затем поднимают, дают стечь излишкам лака (15—20 мин) и помещают в печь для запекания	Сушка считается законченной, когда лак образует твердую блестящую и эластичную пленку

Т а б л и ц а 62. Ремонт магнитопровода силового трансформатора

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Разборка магнитопровода	Отвертывают верхние гайки вертикальных шпилек и гайки горизонтальных пресующих шпилек. Снимают ярмовые балки. Расшихтовывают верхнее ярмо со стороны ВН и НН одновременно. Эскизируют взаимное расположение пластин двух последних слоев активной стали магнитопровода. Связывают верхние концы пластин, продевая кусок проволоки в отверстие для стержня. Демонтируют обмотки	Извлекают шпильки из ярма. Маркируют балку надписью «сторона ВН» или «сторона НН». Расшихтовывают, вынимая по 2—3 пластины, не перемешивая, связывают в пакет. Укладка пластин после ремонта должна соответствовать заводской
Замена изоляции стяжных шпилек	Бумажно-бакелитовую трубку изготавливают из кабельной бумаги толщиной 0,12 мм и при намотке на шпильку пропитывают бакелитовым лаком, затем запекают Изолирующие шайбы и прокладки изготавливают из электрокартона ЭМ толщиной не менее 2 мм. Проверяют изоляцию стяжных шпилек, накладок и ярмовых балок, мегаомметром 1000—2500 В	Толщина стенок изоляционных трубок, мм, для диаметров шпилек, мм: 12—25 2—3 25—50 3—4 более 50 5—6 Диаметр изолирующей шайбы должен быть на 3—5 мм больше диаметра нажимной Сопротивление изоляции стяжных шпилек должно быть не ниже 10 МОм

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Удаление старой изоляции листов стали	Удаляют старую изоляцию стальными щетками или кипячением листов в воде, если они покрыты бумажной изоляцией	Можно применять обжиг листов с равномерным нагревом при температуре 250—300°С в течение 3 мин
Изолирование листов	Допускают изолирование пластин через одну. Новый слой лака наносят пульверизатором. Сушат 6—8 ч при температуре 20—30°С	Используют смесь из 90 % лака 202 и 10 % чистого керосина или глифталевого лака 1154 и растворителей (бензина и бензола). Можно применять зеленую эмаль МТЗ
При ремонтах после «пожара стали» изготавливают новые листы стали	Листы раскраивают так, чтобы длинная сторона была обязательно вдоль проката. Отверстия для стяжных шпилек делают только штампом	Сверление не допускается
Измерение сопротивления изоляции (рис. 20.4)	Сопротивление межлистовой изоляции измеряют методом амперметра-вольтметра	Сопротивление не должно отличаться от заводских данных более чем в два раза

Т а б л и ц а 63. Ремонт переключателя ТПСУ

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Проверка и ремонт переключателя для регулирования напряжения	Поворачивают несколько раз переключатель по часовой стрелке в положения I, II и III, что соответствует фазам А, В, С. Проверяют плотность прилегания контактных колец к контактным стержням (рис. 20.5). Убеждаются в надежности паек отводов и переключателю и плотности затяжки контргайки наконечника стойки	Наличие четкого щелчка при переключении свидетельствует об исправности механизма переключения. В переключенном положении фиксирующие шпильки должны входить в свои гнезда. Перепайку отводов при необходимости производят припоем ПОС-40
Установка переключателя после ремонта	Протирают место установки ветошью, смоченной в бензине. Старые уплотнения заменяют новыми	Поверхности контактирующих деталей зачищают
Ремонт сальникового уплотнения	Шпильку вывинчивают, колпак снимают, сальниковую пробку тоже вывинчивают, сальниковое уплотнение заменяют; сальниковую пробку затягивают, ручку переключателя устанавливают на место и забивают шпильку	Все операции производят после установки переключателя

Т а б л и ц а 64. Ремонт расширителя

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Очистка от грязи и ржавчины наружной поверхности	Очищают расширитель металлической щеткой и протирают насухо чистой ветошью	Окончательную очистку производят тряпкой, смоченной в бензине
Очистка внутренней поверхности	Вырезают заднюю стенку расширителя, очищают поверхности от грязи и ржавчины. Окрашивают маслостойкой эмалью или нитроэмалью	Стенку вырезают, оставляя выступ-кольцо, к которому после очистки приваривают новое дно
Ремонт скобы маслоуказателя или патрубка	Вырезают из листовой стали новую стенку и приваривают к корпусу расширителя	Приваривают стенку, не допуская пережога металла, ровным, плотным швом без трещин
Ремонт скобы маслоуказателя или патрубка	Очищают поверхность, подлежащую приварке, скобу, штуцер маслоуказателя; патрубок приваривают к корпусу расширителя	Сварку производят ацетилено-кислородным пламенем. Патрубок, соединяющий расширитель с кожухом трансформатора, выступает над низшей линией поверхности расширителя на 25—30 мм
Ремонт масломерного стекла	Вывертывают внутреннюю пробку маслоуказателя, вынимают масломерное стекло, чистят его или заменяют новым	Протирают тряпкой, смоченной сухим трансформаторным маслом
Восстановление контрольных отметок маслоуказателя	Наносят новые отметки на расширителе у маслоуказательного стекла	Отметки уровня масла при температуре + 35; + 15, + 35°С наносят цинковыми белилами на высоте 0,55; 0,45 и 0,1Н диаметра расширителя

Т а б л и ц а 65. Данные для сушки трансформаторов методом индукционных потерь в стали бака

Мощность трансформатора, кВ · А	Сечение намагничивающей обмотки, мм ²	Число витков	Напряжение сети, В	Ток, А
100	10	30	60	67
630	25	52	120	68
1000	25	28	220	100

Технологические операции по восстановлению витковой изоляции, подпрессовке обмоток, измерению сопротивления постоянному току межлистовой изоляции пакета магнитопровода и конструкция камеры для сушки обмоток трансформаторов показаны на рис. 20.1—20.5.



Рис. 20.1. Восстановление витковой изоляции обмотки:

1 — отделение витков от секции с помощью клина; 2 — изолирование поврежденного витка с помощью лакоткани; 3 — наложение общего бандаж из тафтяной ленты; а — клин; б — поврежденная изоляция



Рис. 20.2. Подпрессовка обмоток трансформатора:

1 — дополнительная прокладка; 2 — брусок; 3 — клин

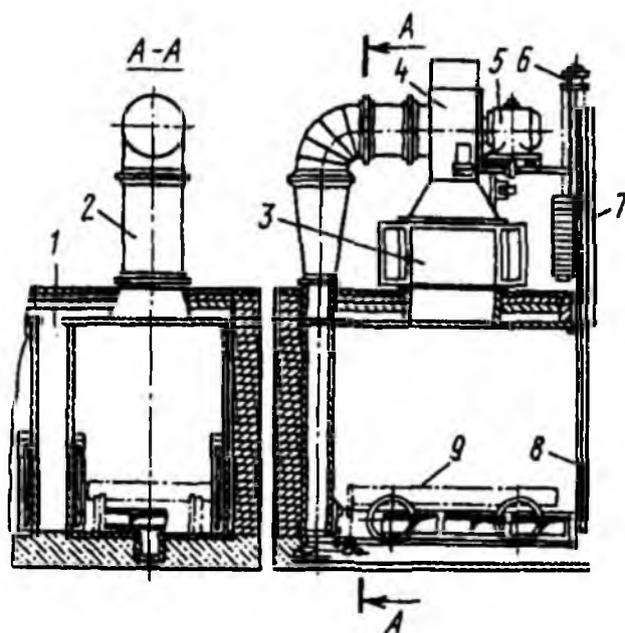


Рис. 20.3. Сушильная камера с электрообогревом:

1 — теплоизоляция; 2 — соединительный короб; 3 — калорифер; 4 — вентилятор; 5 — электродвигатель; 6 — механизм подъема двери; 7 — дверь камеры; 8 — направляющие; 9 — тележка

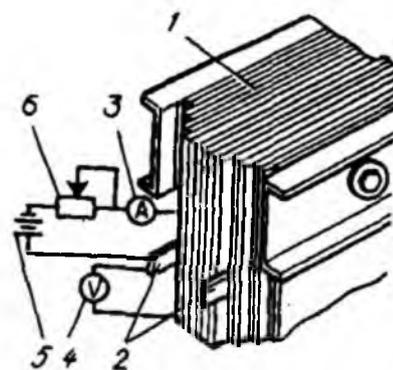


Рис. 20.4. Измерение сопротивления постоянному току межлистовой изоляции пакета магнитопровода:

1 — магнитопровод; 2 — медные пластины; 3 — амперметр постоянного тока со шкалой на 5А; 4 — вольтметр постоянного тока со шкалой на 25В; 5 — аккумуляторная батарея на 24В; 6 — реостат 50—100 Ом

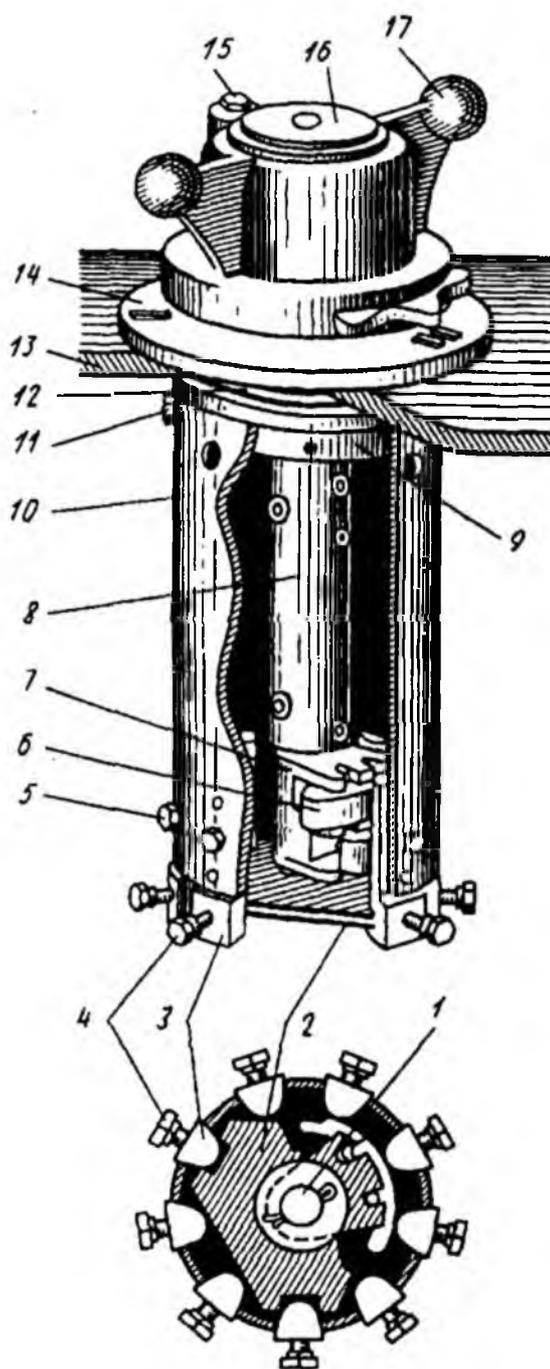
Рис. 20.5. Трехфазный переключатель
ТПСУ-9-120/10:

1 — вал привода; 2 — центрирующая пластина;
3 — неподвижный контакт; 4 — контактный
болт; 5 и 11 — болты, крепящие цилиндр; 6 —
контактный сегмент; 7 — вал коленчатый; 8 —
трубка бакелитовая; 9 — фланец; 10 — цилиндр
бумажно-бакелитовый; 12 — уплотнение рези-
новое; 13 — стопорный болт; 14 — фланец кол-
пака; 15 — стопорный болт; 16 — дощечка;
17 — колпак привода

Переключатель ТПСУ для регу-
лирования напряжения трансформаторов. В трансформаторах мощ-
ностью 100—1000 кВ · А и напря-
жением до 10 кВ применяют
трехфазный переключатель ТПСУ-
9-120/10 на номинальный ток 120 А
(рис. 20.5). Вал 1 привода проходит
через фланец 14 и связан вверху с
колпаком 17 привода, а внизу с
бумажно-бакелитовой трубкой 8,
в которой закреплен коленчатый вал
7 с контактными сегментами 6.
Нижний конец коленчатого вала
центрирован в пластине 2. Колен-
чатый вал закрыт снаружи бумаж-
но-бакелитовым цилиндром 10,
который болтами 11 укреплен на
чугунном фланце 9.

Сушка трансформаторов. Суще-
ствует много способов сушки транс-
форматоров: методом индукцион-
ных потерь в стали бака, в специальном шкафу, инфракрасными
лучами, воздуходувкой, под вакуумом и др. Каждый из перечислен-
ных способов имеет свои достоинства и недостатки.

В ремонтной практике наиболее широко применяют сушку
методом индукционных потерь в стали бака (табл. 65 и 66). Сущность
сушки этим методом состоит в том, что при прохождении перемен-
ного тока по временной намагничивающей обмотке, наложенной
на бак, образуется сильное магнитное поле, которое, замыкаясь
через сталь бака, нагревает его, при этом нагреваются все металли-
ческие части внутри бака, способствуя таким образом испарению
влаги из изоляции обмоток и магнитопровода.



Т а б л и ц а 66. Режим сушки изоляции трансформатора методом индукционных потерь в стали бака

Последовательность операций	Температура, °С		Продолжительность операций, ч
	стенок бака	воздуха в баке	
Повышение температуры стенок бака по 10—20°С за 1 ч	До 80	60	4—6
Выключение подогрева поступающего воздуха и вентиляции	80	60	—
Повышение температуры в баке по 10°С за 1 ч	115—120	105	4—6
Снижение температуры трансформатора	50—60	50—60	1—3
Повышение температуры воздуха в баке и прогрев сердечника	115—120	105	3—8
Поддержание постоянной температуры сердечника для осуществления процесса сушки	115—120	105	6—8
Постепенное снижение температуры сердечника	60—80	60—80	3—5
Заливка бака чистым сухим маслом	60—80	60—80	1—2
Охлаждение трансформатора	40—50	40—50	2—3
Выемка сердечника и ревизия по истечении 8—12 ч после заливки маслом	40—50	—	—

§ 84. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

При текущем ремонте электрических машин выполняют следующие работы:

проверку степени нагрева корпуса и подшипников, равномерности воздушного зазора между статором и ротором, отсутствия ненормальных шумов в работе электродвигателя;

чистку и обдувку электродвигателя без его разборки, подтяжку контактных соединений у клеммных щитков и присоединении проводов, зачистку колец и коллекторов, регулирование и крепление траверсы щеткодержателя, восстановление изоляции у выводных концов, смену электрощеток;

смену и долив масла в подшипники.

При необходимости производят:

полную разборку электродвигателя с устранением повреждений отдельных мест обмотки без ее замены;

промывку узлов и деталей электродвигателя;

замену неисправных пазовых клиньев и изоляционных втулок, мойку, пропитку и сушку обмотки электродвигателя, покрытие обмотки покрывным лаком, проверку крепления вентилятора и его ремонт, проточку шеек вала ротора и ремонт беличьей клетки (в случае необходимости), смену фланцевых прокладок;

замену изношенных подшипников качения;

промывку подшипников скольжения и при необходимости их перезаливки, при необходимости заварку и проточку крышек электродвигателя, частичную пропайку петушков; проточку и шлифование колец; ремонт щеточного механизма и коллектора; проточку коллектора и его продороживание; сборку и проверку работы электродвигателя на холостом ходу и под нагрузкой.

При капитальном ремонте производят следующие работы: полную или частичную замену обмотки; правку, протирку шеек или замену вала ротора; переборку колец или коллектора; балансировку ротора; замену вентилятора и фланцев; полную пропайку петушков; чистку, сборку и окраску электродвигателя и испытание его под нагрузкой.

Определение состояния деталей и назначение вида ремонта. Дефектацию производят до разборки, в процессе разборки и после разборки. Дефектационные операции, выполняемые до разборки: внешний осмотр; ознакомление с дефектами по документации; предремонтные испытания на режиме холостого хода, если это возможно.

До включения в сеть проверяют состояние вала, подшипниковых щитов, подшипников, отсутствие задевания ротора за статор, наличие смазки, целостность фаз; состояние выводных концов и клемного щитка; сопротивление изоляции обмоток.

При удовлетворительных результатах испытаний включают электродвигатель на 30 мин под напряжение, замеряют пофазно силы тока холостого хода, проверяют шумы электродвигателя, работу коллектора, нагрев подшипников, величину вибрации и др.

В контрольно-дефектационные операции, проводимые в процессе разборки, входят: измерение величины воздушных зазоров между железом статора и ротора (якоря) в четырех точках, отстоящих друг от друга на 90° ; измерение разбега вала в подшипниках скольжения; определение зазоров в подшипниках скольжения и качения (табл. 67 и 68); выявление неисправности других деталей.

В процессе разборки нельзя допускать повреждений или поломки разбираемых отдельных узлов и деталей или частей электрических машин. Детали, сопряженные между собой с натягом, снимают универсальными съемниками. Рабочие и посадочные поверхности узлов и деталей разбираемых электрических машин предохраняют от повреждений.

Снятые годные метизы, пружинные кольца, шпонки и другие мелкие детали сохраняют для повторного использования.

Разобранные узлы и детали помещают в технологическую тару или на стеллажи.

Рабочее место разборщика оснащают столом или верстаком и специальным инструментом и приспособлениями.

Устройство для снятия подшипников с вала ротора размещают вблизи рабочих мест разборщиков.

При разборке электродвигателей можно пользоваться специальной подставкой для ног. Стенд, оснащенный подъемником, поворотным столом и конвейером (пластинчатым, тележечным и т. п.), обеспечивает полную разборку электродвигателей высотой оси вращения более 100 мм.

Для подъема изделий в сборе, узлов и деталей, масса которых превышает 20 кг, следует использовать подъемно-транспортные механизмы и приспособления.

Захват узлов и деталей за рабочие поверхности не допускается.

Подъемно-транспортное оборудование должно иметь плавную скорость подъема и опускания, а грузоподъемность должна быть не менее 1 т.

Приспособления, используемые для съема подшипников с вала ротора и для выема ротора из расточки статора, должны обеспечивать предохранение рабочих поверхностей от повреждений.

Используемый при разборке инструмент не должен иметь зазубрин, заусенцев и других дефектов на рабочей поверхности и соответствовать требованиям техники безопасности.

Производственная тара должна вмещать все разобранные узлы и детали и соответствовать требованиям промышленной санитарии.

Технологический процесс разборки состоит из следующих операций: *подготовительных, непосредственно разборки и контроля.*

Выбор способа разборки зависит от технических и организационных возможностей производства.

Операции технологического процесса производят в помещении с температурой $20 \pm 5^\circ\text{C}$ и относительной влажностью не более 80 %. При *подготовительных операциях* устанавливают контейнер с электродвигателями на подставку, а электродвигатель — на стол разборщика или передаточную тележку разборочного стенда.

У двигателей закрытого исполнения отвертывают болты, крепящие кожух наружного вентилятора, и снимают его;

отвертывают крепежные детали, крепящие вентилятор, и снимают его; в случае крепления вентилятора пружинным кольцом, предварительно снимают его специальным инструментом.

У двигателей с фазным ротором:

отсоединяют соединительные провода, освобождают крепления, снимают кожух контактных колец, вынимают щетки; в случае ремонта обмоток ротора отпаивают соединительные хомутики от выводных концов; снимают отвододержатель и съёмником контактные кольца с вала ротора.

У электродвигателей, конструкция которых предусматривает расположение узла контактных колец внутри подшипникового щита, съём контактных колец производят после снятия подшипнико-

вых крышек (наружной и внутренней), подшипникового щита и подшипника со стороны, противоположной рабочему концу вала.

У крановых и металлургических электродвигателей кроме того снимают крышки смотровых люков; открепляют капсулы от подшипниковых щитов и снимают наружные уплотняющие кольца; сливают масло из масляных камер (у подшипников скольжения).

Отвертывают болты, крепящие наружные крышки подшипников и снимают последние. При наличии между подшипниковой крышкой и подшипником пружинных колец, последние должны быть сохранены. Снимают пружинное кольцо, крепящее подшипник (при наличии). Отвертывают крепежные детали, крепящие подшипниковые щиты, крышку и панель (колодку) выводов, и снимают последние. Уплотнения, предусмотренные конструкцией в коробке выводов, сохраняют. При *разборке электродвигателей на рабочем месте разборщика* подготовительные операции производят здесь же.

Передний (со стороны рабочего конца вала) подшипниковый щит выводят из заточки станины с помощью рычага, вводимого в просвет между ушками подшипникового щита и станины, либо отжимных болтов. Отжим следует производить равномерно, пока щит полностью не выйдет из центрирующей заточки.

Допускается вывод подшипникового щита из заточки станины производить с помощью легких ударов молотка по выколотке из мягкого металла или пневмомолотка по торцам ушек подшипникового щита.

При выводе переднего подшипникового щита из заточки необходимо поддерживать вал вручную или подкладками, не допуская удара ротора о статор.

Подшипниковый щит с вала снимают, поворачивая его на подшипнике, не допуская при этом перекосов.

Задний (со стороны, противоположной рабочему концу вала) подшипниковый щит снимают аналогично переднему.

Можно снимать задний подшипниковый щит после выемки ротора из статора. Выемку ротора производят специальным приспособлением, не допуская при этом задеваний ротора за расточку и обмотку статора.

На статоре, роторе и подшипниковых щитах укрепляют бирки с ремонтными номерами.

Разобранные узлы и детали укладывают в производственную тару или на стеллажи и передают на последующую операцию.

При разборке на *разборочном стенде* электродвигатель устанавливают на передаточную тележку, фиксатором-толкателем посылают ее по конвейеру. Производят операции предварительной разборки и передают тележку на стол гидростенда.

Устанавливают электродвигатель так, чтобы центры штоков гидроцилиндров установки совпали с центрами вала разбираемого электродвигателя, и зажимают вал электродвигателя в центрах.

Опускают стол вниз и выталкивают тележку на конвейер.

Поднимают стол до полной посадки на него электродвигателя, и зажимают лапы электродвигателя зажимами.

Подают шток левого цилиндра вправо до полного выхода подшипникового щита из заточки статора. Снимают подшипниковый щит с подшипника. Устанавливают упор между подшипником и корпусом электродвигателя. Подачей штока правого цилиндра влево выпрессовывают правый подшипник с вала ротора. Аналогично поступают с левым подшипниковым щитом и подшипником. Производят разжим центров и отводят штоки цилиндров гидростенда от вала ротора электродвигателя. Поворачивают стол с электродвигателем на $60-90^\circ$ и снимают подшипники и внутренние подшипниковые крышки.

Выводят ротор из расточки статора при помощи специального приспособления, не допуская при этом задевания ротора за расточку и обмотку статора.

Т а б л и ц а 67. Допустимые радиальные зазоры в подшипниках скольжения электрических машин

Диаметр вала, мм	Допустимые зазоры, мм, при частоте вращения, об/мин		
	750—1000	1000—1500	1500—3000
18—30	0,04—0,093	0,06—0,13	0,14—0,28
30—50	0,05—0,112	0,075—0,16	0,17—0,34
50—80	0,065—0,135	0,095—0,195	0,2—0,4
80—120	0,08—0,16	0,12—0,235	0,23—0,46

П р и м е ч а н и я : 1. Во время эксплуатации допускается удвоенная величина максимальных зазоров.

2. При отсутствии специальных указаний завода-изготовителя зазора между шейкой вала и верхним вкладышем следует назначать в следующих пределах; для подшипников с кольцевой смазкой ($0,08 + 0,10$) $D_{ш}$, для подшипников с принудительной смазкой ($0,05 + 0,08$) $D_{ш}$, где $D_{ш}$ — диаметр шейки вала.

3. Для создания более благоприятных условий образования масляного клина рекомендуют у разъемных подшипников делать боковые зазоры $B = a$. В этом случае подшипники растачивают на диаметр $D + 2a$ с применением прокладок толщиной a .

Допустимая разница воздушных зазоров электрических машин не должна превышать значений, указанных в заводских инструкциях, а если таких данных нет, то зазоры должны отличаться на величину не больше, чем указано ниже для машин: асинхронных — на 10 %; синхронных тихоходных — на 10 %; синхронных быстроходных — на 5 %; постоянного тока с петлевой обмоткой и зазором под главными полюсами более 3 мм — 5 %; постоянного тока с волновой обмоткой и зазором под главными полюсами более

3 мм — на 10 %; а также якорем и дополнительными полюсами — на 5 %.

Разбег — осевая игра вала машины в подшипниках скольжения в одну сторону от центрального положения ротора не должен превышать 0,5 мм для машин напряжением до 10 кВт, 0,75 мм — для машин 10—20 кВт, 1,0 мм — для машин 30—70 кВт, 1,5 мм — для машин 70—100 кВт. Суммарный двусторонний разбег вала не должен превышать 2—3 мм.

Т а б л и ц а 68. Зазоры в подшипниках качения

Внутренний диаметр подшипника, мм	Осевая игра в однорядных шарикоподшипниках, мм, для серии		Радиальный зазор, мм		
	200	300	в новых однорядных шарикоподшипниках	в новых роликоподшипниках	наибольший допустимый при износе подшипников
20—30	—	—	0,01—0,02	0,02—0,05	0,1
30—50	0,12—0,22	0,13—0,23	0,01—0,02	0,02—0,06	0,2
50—80	0,14—0,32	0,17—0,38	0,01—0,02	0,02—0,06	0,2
80—100	0,25—0,43	0,29—0,50	0,02—0,03	0,04—0,08	0,3
10—120	0,26—0,46	0,32—0,56	0,02—0,01	0,05—0,09	0,3

В контрольно-дефектационные операции после разборки электромашин входят: внешний осмотр и обмер всех изнашиваемых поверхностей деталей; окончательное заключение о состоянии деталей в результате осмотра, проверок и испытаний. Результаты дефектации записывают в ремонтную карту, на основании которой технолог или мастер заполняет операционную карту и назначает вид ремонта. Дефектные детали и узлы ремонтируют способами, указанными ниже.

Технология ремонта узлов и деталей электрических машин. Конструкция коллектора. Для большинства электрических машин применяют конструкцию коллектора, показанную на рис. 20.6. Коллектор машины должен быть очищен от грязи и смазки. Изоляция коллектора должна быть продорожена, с граней коллекторных пластин сняты фаски. Коллектор, имеющий неровности до 0,2 мм, должен быть отполирован, 0,2—0,5 мм — прошлифован, более 0,5 мм — проточен. Биение коллектора у машин (проверенное по индикатору) не должно превышать 0,02 мм для коллекторов диаметром до 250 мм и 0,03—0,04 мм для коллекторов диаметром 300—600 мм.

Ремонт коллекторов. Сведения о возможных неисправностях, причинах их возникновения и способах ремонта коллекторов (рис. 20.7) приведены в табл. 69.

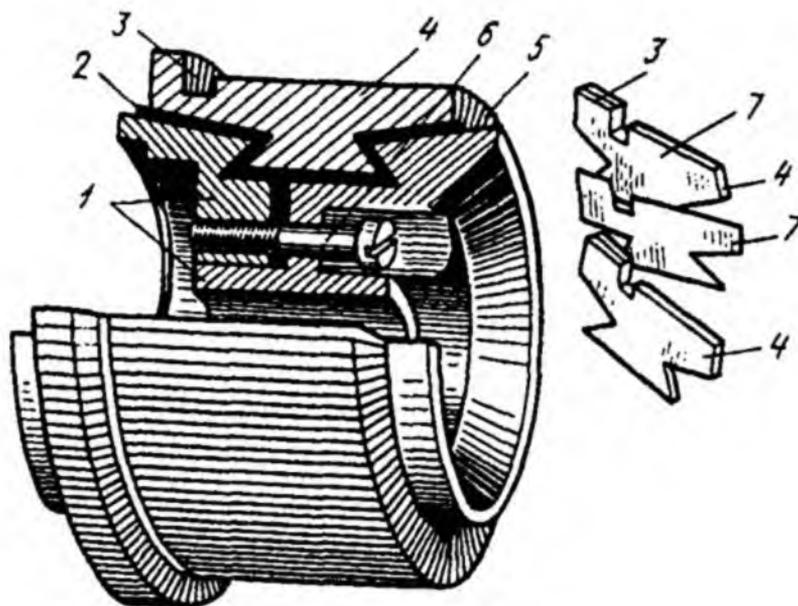


Рис. 20.6. Устройство коллектора:

1 — стальной корпус; 2 — изоляция; 3 — петушки; 4 — пластина коллекторная; 5 — шайба конусная натяжная; 6 — винт стопорный; 7 — прокладка миканитовая

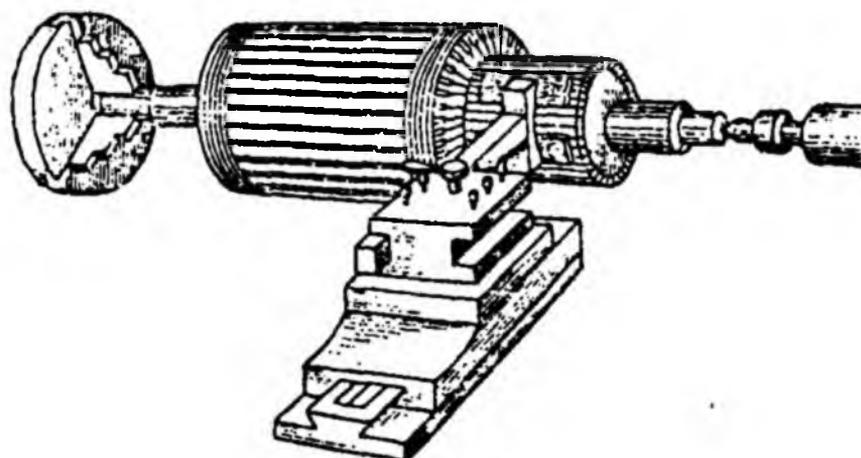


Рис. 20.7. Формовка коллектора на токарном станке

Ремонт контактных колец. Комплект контактных колец показан на рис. 20.8. Незначительные повреждения поверхности контактных колец (подгары, биение, неравномерная выработка) устраняют зачисткой и полировкой без демонтажа колец. При больших повреждениях поверхностей кольца снимают и протачивают с уменьшением их толщины не более чем на 20 %.

Пробой изоляции на корпус, а также предельный износ колец вызывают необходимость их замены. Замены целесообразно производить только в крупных ЭРЦ, где на каждый вид контактных колец составляют типовой технологический процесс разборки, изготовления, сборки и испытания с обеспечением соответствующими приспособлениями и оборудованием.

Т а б л и ц а 69. Неисправность коллектора

Неисправность	Причина	Ремонт
Обгорание поверхности	Искрение. Круговой огонь	Обточка, шлифование
Биение. Выступание пластин	Плохая сборка. Некачественный миканит	Нагрев. Подтягивание. Обточка
Выступание изоляции между пластинами	Износ пластин. Ослабление коллектора	Продороживание. Подтягивание. Обточка
Выступание пластин на краю коллектора	Предельная обточка. Слишком тонкие пластины	Замена комплекта пластин и межламельной изоляции
Обломана часть петушков (в шлице)	Неосторожная выбивка концов обмотки из шлица	Разборка. Ремонт или замена пластин
Замыкание между пластинами	Заусенцы на поверхности. Прогар миканитной изоляции из-за попадания масла и медно-угольной пыли	Осмотр. Расчистка. Глубокая прочистка между пластинами. Промывание спиртом. Замазывание пастой
	Замыкание внутри коллектора	Разборка
Замыкание на корпус	Пробой, прогар изоляционных конусов	Разборка, ремонт или замена коллектора с формовкой на станке (рис. 20.7)

Ремонт сердечников. Сердечники (активная сталь) одновременно служат магнитопроводом и остовом для размещения и укрепления обмотки. При ремонте и замене обмотки необходимо проверить сердечники и устранить обнаруженные дефекты. Основные неисправности сердечников статора и ротора, их причины, а также способы устранения приведены в табл. 70.

Т а б л и ц а 70. Неисправности сердечников статора и ротора

Неисправность	Причина	Ремонт
Ослабление прес-совки	Выпадение вентиляционных распорок Ослабление стяжных болтов Отлом и выпадение отдельных зубцов	Ремонт распорок Подтянуть болты Забить и укрепить клинья
Распушение зубцов	Слабые крайние листы или нажимные шайбы	Подпрессовка. Усилие крайних листов
Нагрев сердечника	Заусенцы. Зашлифованные места. Механические повреждения поверхности сердечников	Расчистка
Выгорание участков	Порча изоляции стяжных болтов Пробой изоляции обмотки на сталь	Замена изоляции Расчистка. Перешихтовка
Деформация стали	Неправильная сборка или монтаж машины. Механические повреждения	Правка

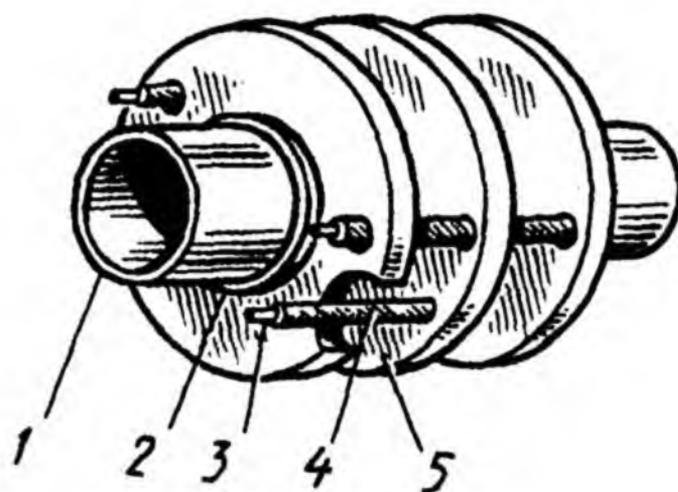


Рис. 20.8. Кольца контактные в сборе:

1 — втулка; 2 — электрокартон; 3 — кольцо контактное; 4 — изоляция шпилек; 5 — шпильки контактные (выводы от колец)

Условия для безыскровой коммутации. Если плотность тока, приходящаяся на единицу поверхности соприкосновения щетки с коллектором в каком-либо месте становится слишком большой, щетки искрят. Искрение разрушает щетки и поверхность коллектора. Надежный контакт между щеткой и коллектором обеспечивает гладкая зеркальная поверхность коллектора (без выступов, вмятин, подгаров, без эксцентриситета или биения).

Механизм подъема щеток должен быть исправным. На одной машине нельзя применять щетки разных марок. Они должны быть установлены строго на нейтрالي. Расстояние между щетками по окружности коллектора должны быть равными. Отклонения в расстояниях между сбегающими концами щеток не должны превышать 1,5 % для машин мощностью до 100 кВт. От обоймы до поверхности коллектора расстояние должно быть 2—4 мм. При наклонном расположении щеток острый угол щетки должен быть набегающим.

Допустимые отклонения обойм щеткодержателя от номинального размера в осевом направлении — 0—0,15 мм; в тангенциальном направлении, при ширине щеток менее 16 мм — 0—0,12 мм; при ширине щеток более 16 мм — 0—0,14 мм.

Допустимые отклонения размеров щеток от номинальных размеров обоймы щеткодержателя могут быть только со знаком минус. Величины допустимых отклонений: в осевом направлении от — 0,2 до — 0,35 мм; в тангенциальном направлении (при ширине щеток до 16 мм) от — 0,08 до — 0,18 мм; в тангенциальном направлении (при ширине щеток более 15 мм) от — 0,17 до — 0,21 мм.

Зазор щеток в обойме не должен превышать в осевом направлении — 0,2 ÷ 0,5 мм; в тангенциальном направлении (при ширине щеток до 16 мм) 0,06 ÷ 0,3 мм; в тангенциальном направлении (при

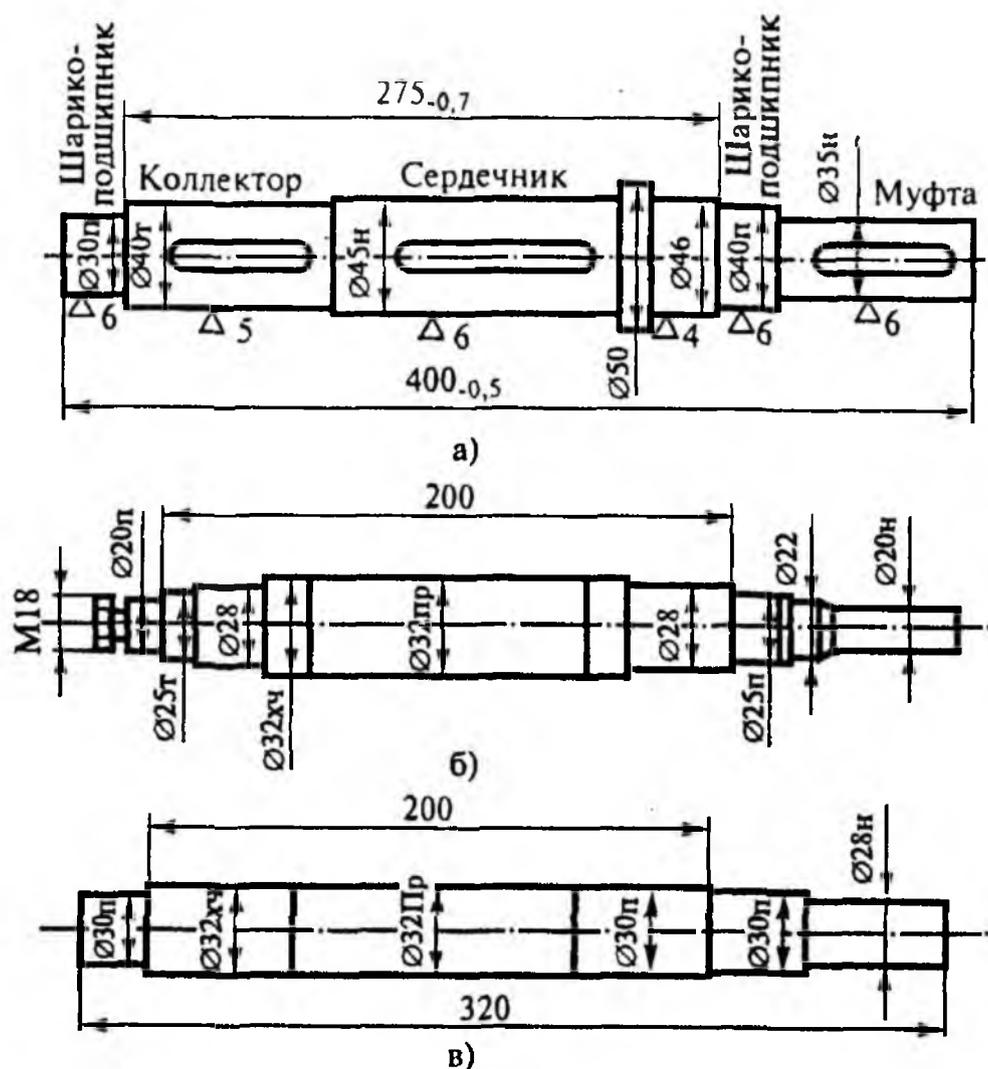


Рис. 20.9. Формы валов электромашин:

а — машин постоянного тока; *б, в* — асинхронных двигателей

ширине щеток более 16 мм) $0,07 \div - 0,35$ мм. Рабочая (контактная) поверхность щеток должна быть отшлифована до зеркального блеска. Удельное нажатие различных марок щеток должно находиться в пределах $0,15-4$ МН/м² и приниматься по каталогам.

Отклонение в величине удельного нажатия между отдельными щетками одного стержня допускается на $\pm 10\%$. Для двигателей, подвергающихся толчкам и сотрясениям (крановые и др.), удельное нажатие допускается повышать на $50-75\%$ по сравнению с каталожными данными.

Ремонт деталей механической части. Ремонт вала. Формы валов электрических машин с указанием посадок и шероховатости показаны на рис. 20.9. Вал может иметь следующие повреждения: изгиб, трещины, задиры и царапины шеек, общую выработку, конусность и овальность шеек, развал шпоночных канавок, забоины и расклевывание торцов, смятие и износ резьбы на концах вала, потерю

напряженности посадки на валу сердечника и в редких случаях поломку вала.

Ремонт валов является ответственной работой и имеет специфические особенности, так как ремонтируемый вал очень сложно отделить от сопряженного с ним сердечника. Допустимая норма на обточку шеек вала составляет 5—6 % от его диаметра; допустимая конусность 0,003, овальность 0,002 от диаметра. Валы, имеющие трещины глубиной более 10—15 % размера диаметра и более 10 % длины вала или периметра, подлежат замене. Общее количество вмятин и углублений не должно превышать 10 % посадочной поверхности под шкив или муфту и 4 % под подшипник.

Ремонт станин и подшипниковых щитов. Основные повреждения станин и подшипниковых щитов: поломка лап крепления станины; повреждение резьбы в отверстиях станины; трещины и коробление подшипниковых щитов; износ посадочной поверхности отверстия щита под посадку подшипника.

Ремонт станины и подшипниковых щитов заключается в заварке трещин, приварке отбитых лап, восстановлении изношенных посадочных мест, разрушенной резьбы в отверстиях и удалении оставшихся оторванных стержней болтов. Биение центрирующей заточки относительно оси — радиальное и не более 0,05 % диаметра заточки.

Ремонт подшипников скольжения. Повреждения подшипников скольжения: износ по внутреннему диаметру и торцам, растрескивание, выкрашивание, отставание, подплавление заливки, затягивание канавок, износ втулки по наружному диаметру. Износ по внутреннему диаметру и торцам является наиболее частым повреждением.

Сроки службы (в годах) подшипников скольжения, залитых баббитом марки Б16, в зависимости от режима работы следующие:

Легкий	4—5	Тяжелый	1,5—2
Нормальный	2—3	Очень тяжелый	1—1,5

Температуры нагрева подшипников перед заливкой и плавления баббитов приведены в табл. 71. Ремонт подшипников скольжения состоит из следующих операций: выплавки старой заливки, ремонта вкладыша, подготовки его и сплава к заливке, заливка и охлаждение.

Центробежную заливку подшипников производят на токарном станке при помощи специального приспособления (рис. 20.10). Частоту вращения патрона устанавливают по табл. 72 в зависимости от размера подшипника. Припуск на обработку дают 2—2,5 мм на сторону при внутреннем диаметре до 150 мм. Припуск по торцам 2—4 мм. Маслораспределительные и маслоулавливающие канавки для подшипников с диаметром шейки вала 50—150 мм делают шириной 3—6 мм и глубиной 1,5—3 мм.

Т а б л и ц а 71. Температура плавления и заливки баббитов

Марка баббита	Температура, °С		
	плавления *	заливки	нагрева подшипников
Б83	241/364	400 ± 10	250
Б16	240/410	460 ± 10	250
БН	245/397	450 ± 10	260

* В числителе указана температура начала плавления, в знаменателе — конца плавления.

Основные требования к установке подшипников скольжения: рабочие части вкладышей подшипников должны быть пригнаны (шабрением по шейкам вала в средней их части по дуге от 60 до 120°);

норма поверхности соприкосновения (при проверке на краску) шейки вала и нижнего вкладыша — два пятна на 1 см² поверхности на дуге 60—90°; наличие плотных поясов по концам шейки вала и верхнего вкладыша — одно пятно на 1 см².

Повреждения и замена подшипников качения. Основным повреждением подшипников качения является износ рабочих поверхностей обоймы, сепаратора, кольца, шариков или роликов, а также наличие глубоких рисок и царапин, следов коррозии, появления цветов побежалости. Ремонт подшипников качения в ЭРЦ не производят, а заменяют новыми. У электромашин средней мощности срок службы подшипников качения составляет 2—5 лет в зависимости от размера двигателя и режима его работы.

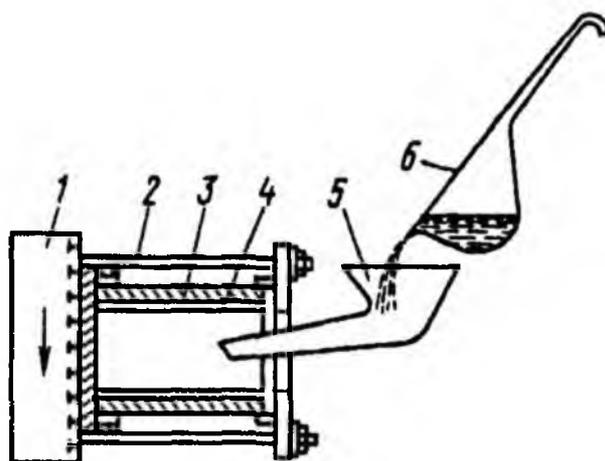


Рис. 20.10. Заливка вкладыша центробежным способом:

1 — планшайба; 2 — шпилька стяжная; 3 — вкладыш; 4 — граница баббитовой заливки; 5 — воронка; 6 — ковш с баббитом

Т а б л и ц а 72. Частота вращения патрона при заливке подшипника баббитом центробежным способом

Внутренний диаметр подшипников, мм	Частота вращения патронов, об/мин		Внутренний диаметр подшипников, мм	Частота вращения патрона, об/мин	
	Б16, БН	Б83		Б16, БН	Б83
30	1490	1670	100	810	910
40	1250	1400	110	770	870
50	1150	1290	120	740	830
60	1060	1190	130	710	800

Внутренний диаметр подшипников, мм	Частота вращения патронов, об/мин		Внутренний диаметр подшипников, мм	Частота вращения патрона, об/мин	
	Б16, БН	Б83		Б16, БН	Б83
70	980	1100	140	680	770
80	910	1020	150	660	740
90	850	960	160	640	720

Основные требования к установке подшипников качения:

внутренние кольца подшипников должны быть насажены на вал плотно;

наружные кольца подшипников должны быть вставлены в расточки подшипниковых щитов свободно с зазором 0,05—0,1 мм по диаметру;

осевой зазор (величина осевого перемещения одной обоймы относительно другой) не должен превышать 0,3 мм.

Ремонт уплотнений. Попадание смазки из подшипников внутрь электрических машин происходит из-за конструктивных недостатков, неправильного монтажа уплотнений и неправильного применения смазки. Кольцо с зубчиками, насаженное на вал дополнительно к обычному сальниковому уплотнению, не допускает попадания смазки внутрь машины. Для установки такого кольца необходимо укоротить вкладыш подшипника кольцевой смазки.

Для предотвращения сильной утечки смазки внутрь машины на вал насаживают маслоотражательное кольцо с наклонными отражателями отбрасывающими масло в подшипник. При сильной осевой вентиляции следует устанавливать дополнительные уплотнения лабиринтного типа. Ремонт уплотняющих устройств заключается в замене шпилек с поврежденной резьбой, сверления и нарезке резьбы в новых отверстиях уплотняющих колец.

Балансировка роторов. Для обеспечения работы электрической машины без биений и вибраций после ремонта ротор в сборе со всеми вращающимися частями (вентилятором, кольцами, муфтой, шкивом и т. п.) подвергают балансировке.

Различают статическую и динамическую балансировку. Первую рекомендуют для машин с частотой вращения до 1000 об/мин и коротким ротором, вторую дополнительно к первой — для машин с частотой вращения более 1000 об/мин и для специальных машин с удлиненным ротором. Статическую балансировку производят на двух призматических линейках, точно выверенных по горизонтали. Хорошо сбалансированный ротор остается неподвижным, находясь в любом положении относительно своей горизонтальной оси. Балансировку ротора проверяют для 6—8 положений ротора, поворачивая его вокруг оси на угол 45—60°. Балансировочные грузы

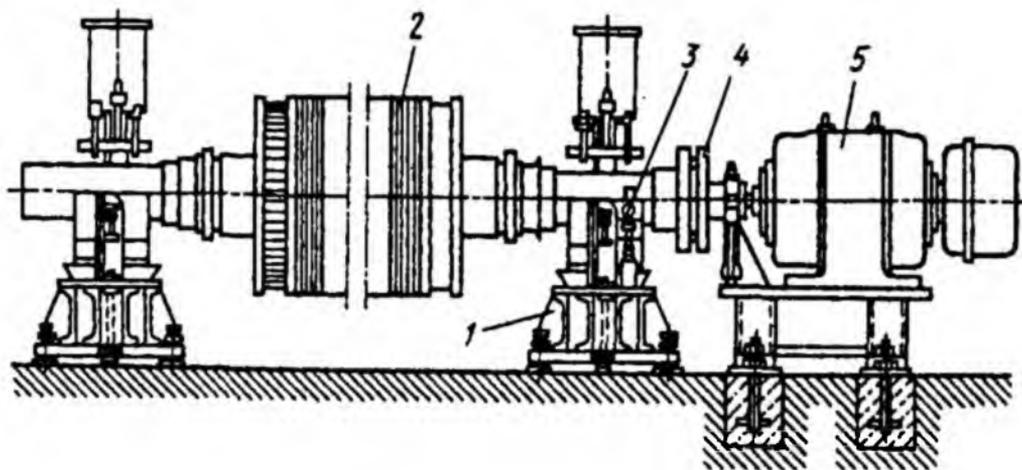


Рис. 20.11. Станок для динамической балансировки роторов:

1 — стойка; 2 — балансируемый ротор; 3 — индикатор стрелочный; 4 — муфта; 5 — привод

закрепляют сваркой или винтами. Свинцовые грузы забивают в специальные канавки, имеющие форму ласточкина хвоста.

При динамической балансировке место расположения груза определяют по величине биения (вибрации) при вращении ротора. Динамическую балансировку производят на специальном балансировочном станке (рис. 20.11). Установленный для проверки вращающийся ротор (якорь) при неуравновешенности начинает вместе с подшипниками вибрировать.

Чтобы определить место неуравновешенности, один из подшипников закрепляют неподвижно, тогда второй при вращении продолжает вибрировать. К ротору подводят острие цветного карандаша или иглу индикатора, которые в месте наибольшего отклонения ротора оставляют на нем метку. При вращении ротора в обратном направлении с той же скоростью тем же способом наносят вторую метку. По среднему положению между двумя полученными метками определяют место наибольшей неуравновешенности ротора.

В диаметрально противоположной по отношению к месту наибольшей неуравновешенности точке закрепляют балансировочный груз или высверливают отверстие в точке наибольшей неуравновешенности. После этого аналогичным способом определяют неуравновешенность второй стороны ротора.

Сбалансированную машину устанавливают на гладкую горизонтальную плиту. При удовлетворительной балансировке машина, работающая с номинальной частотой вращения, не должна иметь качаний и перемещений по плите. Проверку производят на холостом ходу в режиме двигателя.

Технология ремонта обмоток электрических машин. Определение объема ремонта. Перед ремонтом обмоток необходимо точно определить характер неисправности. Часто направляют в ремонт исправные электродвигатели, ненормально работающие в результате

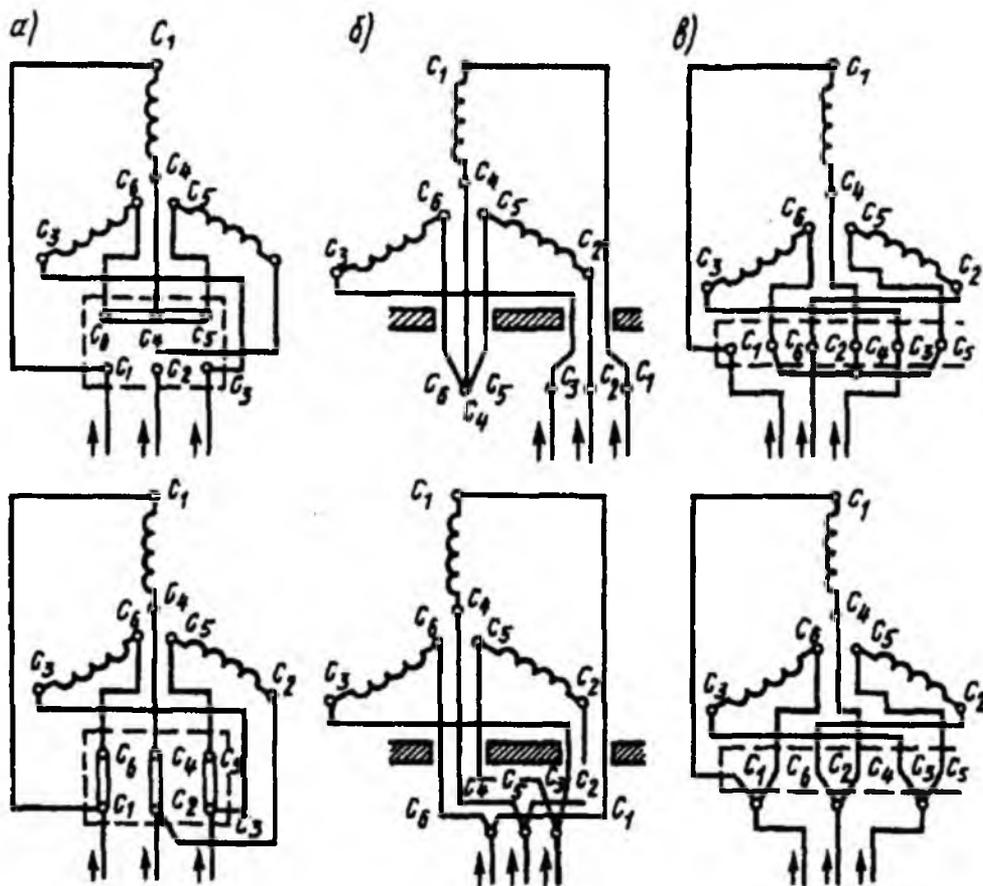


Рис. 20.12. Схемы соединения обмоток при фазных исполнениях выводов и наличии:

а — у двигателя шитка с зажимами; *б* — двух выводных отверстий; *в* — выводов, расположенных в один ряд

повреждения питающей сети, приводного механизма или неправильной маркировки выводов.

Основой якорной обмотки машин постоянного тока служит *секция*, т. е. часть обмотки, заключенная между двумя коллекторными пластинами. Несколько секций обмотки обычно объединяют в *катушку*, которую укладывают в пазы сердечника.

Схемы однофазных обмоток составляют в основном по тем же правилам, что и схемы трехфазных обмоток, только у них рабочая фаза занимает $2/3$ пазов, а пусковая $1/3$. У конденсаторных двигателей половину пазов занимает главная фаза и половину — вспомогательная.

Назначая ремонт, следует помнить, что у электродвигателей мощностью до 5 кВт с двухслойной обмоткой при необходимости замены хотя бы одной катушки выгоднее перемотать статор полностью. У двигателей мощностью 10—100 кВт с обмоткой из круглого провода одну-две катушки можно заменить методом протяжки без подъема неповрежденных катушек.

Обмотки электрических машин и способы их соединений. Основой фазной обмотки машин переменного тока служит катушка,

т. е. комплект проводов, которому придают форму, удобную для укладки в пазы сердечника, отстоящие друг от друга на величину шага обмотки. Одна или несколько рядом лежащих катушек, принадлежащих одной фазе и расположенных под одним полюсом, образуют *катушечную группу*. Катушечную группу в мягких обмотках наматывают целиком одним или несколькими параллельными непрерывными проводами, а в некоторых случаях наматывают целиком фазу обмотки. Варианты соединения обмоток при фазных исполнениях выводов показаны на рис. 20.12.

Ремонт статорных обмоток электрических машин. Для записи обмоточных данных при перемотке используют приведенную ниже форму обмоточной карточки.

Ф о р м а 2

Обмоточная карточка

1. Тип электродвигателя
2. Заводской номер
3. Дата изготовления
4. Мощность, кВт
5. Напряжение, В
6. Ток, А
7. Число фаз
8. Частота вращения, об/мин
9. Частота, Гц
10. Соединение фаз
11. Длина пакета статора, мм
12. Диаметр расточки статора, мм
13. Число пазов статора
14. Род обмотки (двухслойная, однослойная концентрическая, цепная, однослойная концентрическая внавал и т. д.)
15. Схема обмотки
16. Форма лобовых частей (для двухплоскостных и трехплоскостных однослойных обмоток)
17. Вылет лобовых частей (расстояние от торца пакета до наиболее удаленной точки лобовых частей обмотки):
 со стороны схемы, мм
 с противоположной стороны, мм
18. Число проводов в пазу:
 в верхнем слое
 в нижнем слое
 общее
19. Число параллельных проводов
20. Обмоточный провод:
 марка
 диаметр, мм
21. Шаг обмотки (для концентрической обмотки указать шаги всех катушек катушечной группы или полугруппы)
22. Число параллельных ветвей
23. Средняя длина витка, мм
24. Эскиз паза с размерами, изоляцией и расположением проводов

25. Размеры, форма и материал пазовых клиньев
 Обмотчик:
 Подпись:
 Дата

Технологический процесс изготовления статорной обмотки для ремонтируемой асинхронной машины состоит из основных этапов, приведенных в табл. 73. Приспособление для очистки пазов укладки катушек, кантователь, пайка изоляции соединений статорных обмоток показаны на рис. 20.13—20.16.

Ремонт роторных обмоток. Последовательность операций по ремонту обмоток роторов приведена в табл. 74.

Т а б л и ц а 73. Технологический процесс полной перемотки статора асинхронного электродвигателя

Операция	Ремонтные работы	Оборудование, инструмент, приспособление
Демонтаж обмотки статора	Освобождают от крепления лобовые части катушек и соединительные провода после отжига статора; разрезают соединения между катушками и фазами; осаживают клинья вниз и выбивают их из пазов статора; удаляют обмотку из пазов; очищают пазы, продувают и протирают	Приспособления для монтажа статорных обмоток и очистки пазов
Заготовка изоляции и гильзовка пазов статора электродвигателя	Устанавливают статор на кантователь, измеряют длину и ширину паза; изготавливают шаблон, нарезают гильзы из прессшпана, пояски и другой изоляционный материал; устанавливают гильзы и укладывают пояски	Кантователь статоров
Намотка катушек статора на намоточном станке	Распаковывают бухту, измеряют провода, устанавливают бухту на вертушку; закрепляют провода в поводке; определяют размер витка катушки. Устанавливают шаблон; наматывают катушечную группу, отрезают провод, перевязывают намотанную катушку в двух местах и снимают ее с шаблона	Микрометр. Универсальный шаблон. Намоточный станок
Укладка катушек в статор	Укладывают катушки в пазы статора. Устанавливают прокладки между катушками в пазах и лобовых частях. Уплотняют провода в пазах и оправляют лобовые части; закрепляют катушки в пазах клиньями, изолируют концы катушек локотканью и киперной лентой	Инструмент обмотчика. Баночка для клея
Сборка схемы обмотки статора	Зачищают концы катушек и соединяют их по схеме; сваривают электросваркой (паяют) места соединений, изготавливают и присоединяют выводные концы; изолируют места соединений; бандажируют схему соединения и выправляют лобовые вылеты; проверяют правильность соединений и изоляцию	Напильник, нож, плоскогубцы, молоток. Электродуговой паяльник, мегаомметр, контрольная лампа

Операция	Ремонтные работы	Оборудование, инструмент, приспособление
Сушка и пропитка обмотки статора (ротора, якоря) лаком	Загружают статор (ротор, якорь) в сушильную камеру при помощи подъемного механизма; выгружают из камеры после просушки обмотки; пропитывают обмотку статора в ванне, дают стечь после пропитки, снова загружают в камеру; сушат; вынимают из камеры и удаляют подтеки лака с активной части магнитопровода растворителем	Сушильная камера
Покрытие лобовых частей обмотки электроэмалью	Покрывают лобовые части обмотки статора (ротора, якоря) электроэмалью	Кисть или пульверизатор

Т а б л и ц а 74. Технологическая последовательность операций ремонта стержневого (шинного) ротора

Операция	Ремонтные работы	Оборудование, инструмент, приспособление
Демонтаж схемы обмотки стержневого ротора	Устанавливают ротор на козлы, очищают от пыли и грязи, при помощи газовой горелки расплавляют бандаж и снимают их, расплавляют схему и вынимают выводные концы	Приспособление для транспортировки
Выемка стержней из пазов	Вынимают стержни из пазов ротора с помощью приспособления, очищают пазы и обмоткодержатели от старой изоляции	Приспособление для демонтажа
Очистка и подготовка шин	Очищают шины от старой изоляции, выправляют, зачищают и облуживают концы шин	Напильник
Изолирование шин	Наносят изоляцию на шины	Кисть
Заготовка изоляции и установка гильз	Изготавливают прокладки (в пазы ротора и дистанционные), изоляцию на обмоткодержатель, подбандажную и для слоев шин. Накладывают изоляцию на обмоткодержатель, устанавливают прокладки в пазы и расправляют их с помощью оправки	Ножницы, инструмент обмотчика
Укладка обмотки	Укладывают нижний слой шин в пазы ротора, устанавливают дистанционные прокладки, изолируют лобовые части, укладывают верхний слой в пазы, обжимают лобовые части стяжными кольцами, устанавливают дистанционные прокладки и заклинивают пазы	Шаблон для контроля
Сборка схемы	Протягивают выводные концы в вал ротора, надевают петушки и устанавливают переключки по схеме. Расклинивают петушки медными клиньями, собирают и заваривают электро-сваркой (пайкой) схему	Напильник. Электропаяльник Гребешок для выбивки клиньев, специальный нож

Операция	Ремонтные работы	Оборудование, инструмент, приспособление
Н а л о ж е н и е бандажа на ротор (якорь) электродвигателя	Подготавливают проволоку для наложения бандажа; заготавливают и устанавливают изоляцию под бандаж, устанавливают бандаж из проволоки, закрепляют с помощью электро-сварки (или пайки)	Плоскогубцы комбинированные. Ящик для припоя
Балансировка ротора (якоря) на балансировочном станке	Устанавливают и закрепляют на конце вала ротора (якоря) соединительную полумуфту; определяют необходимое расстояние между опорами и устанавливают ротор на опоры станка. Соединяют балансируемый ротор с ведущим поводком станка с помощью муфты сцепления, закрепляют полумуфту болтами; регулируют положение ротора на станке; балансируют и снимают ротор (якорь)	Балансировочный станок

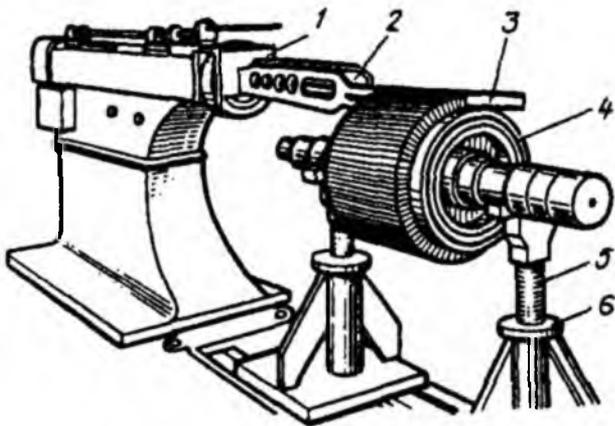


Рис. 20.13. Приспособление для очистки пазов:

1 — держатель; 2 — справка; 3 — дорн; 4 — ротор; 5 — винт; 6 — стойка

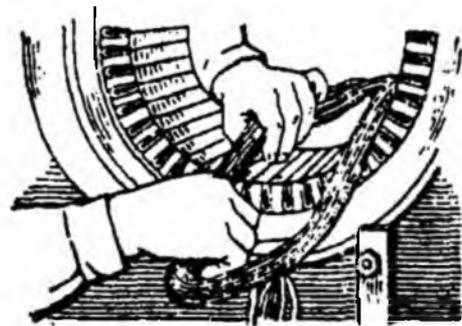


Рис. 20.14. Укладка в пазы катушек выпной обмотки

Ремонт обмоток якорей. Часто у поступившего в ремонт якоря бывает трудно найти место замыкания обмотки на корпус. Для выявления замыкания надо покачивать обмотку в местах выхода ее из пазов.

Целостность обмотки якоря можно проверять методом падения напряжения, позволяющим обнаружить междувитковые замыкания, обрыв, некачественные пайки, неправильное соединение обмоток с коллектором. Этот метод позволяет находить катушку, соединенную с корпусом якоря. Для этого один щуп от источника питания присоединяют к валу или пакету, а вторым поочередно касаются коллекторных пластин (рис. 20.17). Минимальное показание милливольтметра будет при соприкосновении щупа с пласти-

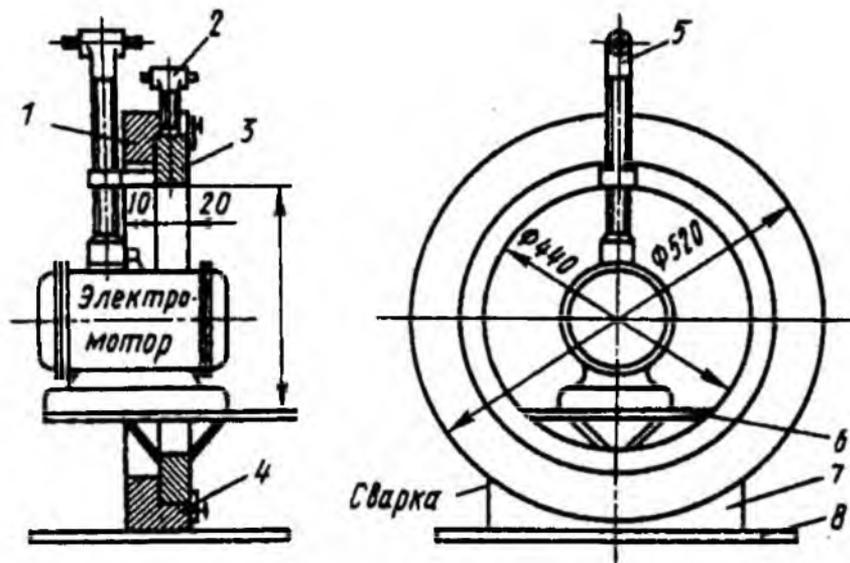


Рис. 20.15. Кантователь статоров электродвигателей:

1 — кольцо неподвижное; 2 — винт стопорный; 3 — кольцо подвижное; 4 — винт для поджатия статора к столу; 5 — площадка; 5 — косынка; 7 — стол; 8 — пластины, удерживающие кольцо от выпадания

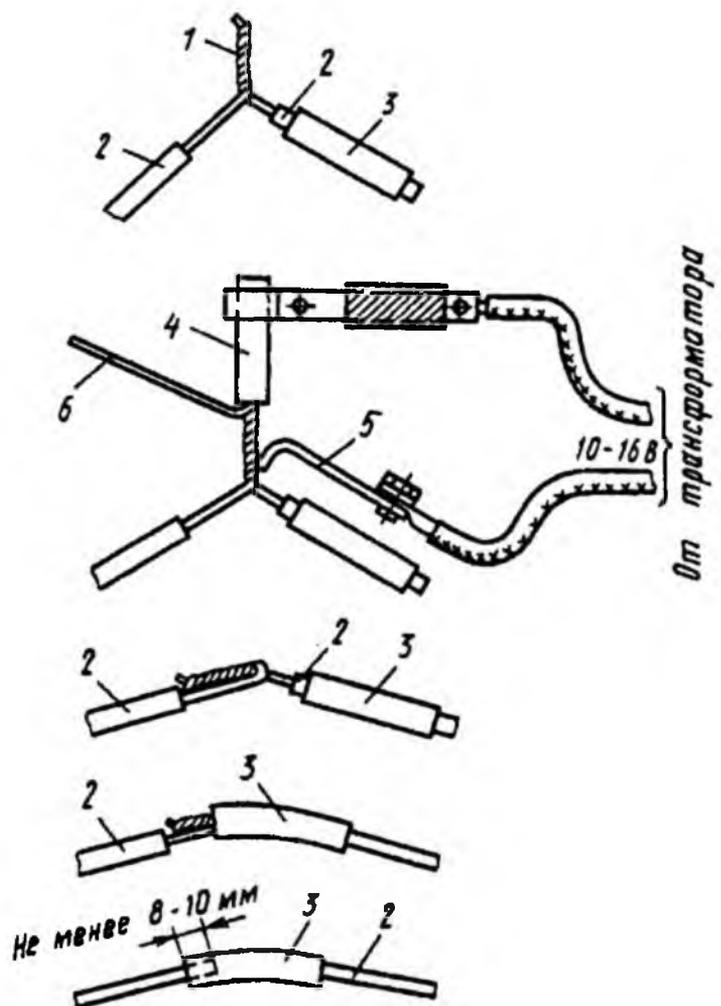


Рис. 20.16. Технологическая последовательность операций пайки и изоляции трубками межгрупповых соединений статорной обмотки из круглого провода:

1 — скрутка; 2 — трубки для изоляции концов катушечных групп; 3 — трубки для изоляции мест пайки; 4 — электрод угольный; 5 — электродомедный; 6 — палочка медно-фосфористого припоя

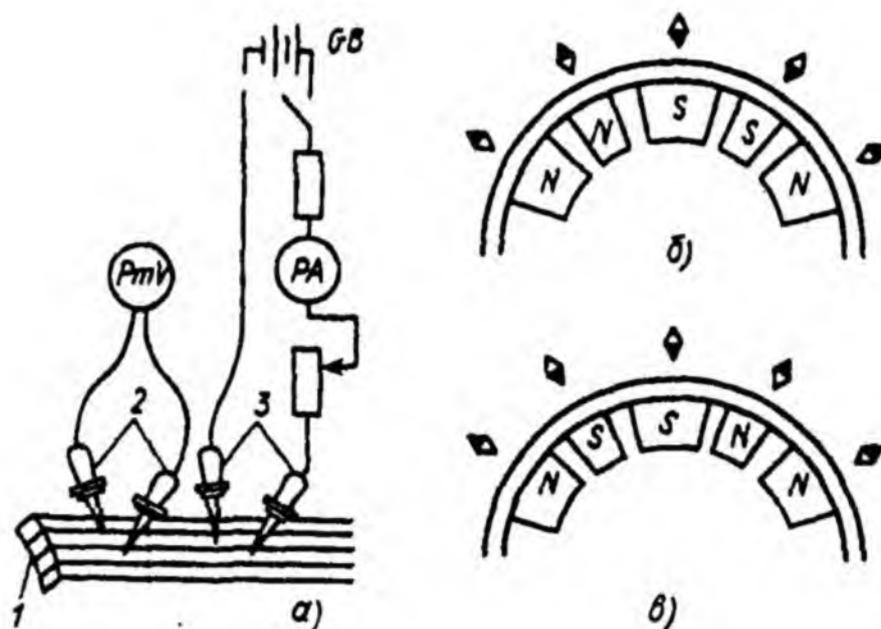


Рис. 20.17. Схемы проверки электрических машин постоянного тока:

a — качества паяк в «петушках» и определения повреждений в обмотках; *б, в* — правильности чередования полюсов в двигателях и генераторах

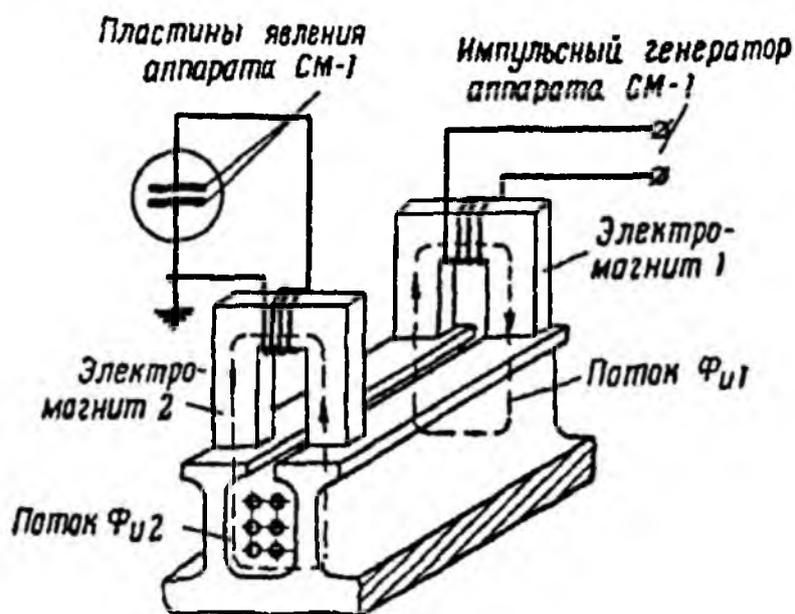


Рис. 20.18. Схема нахождения паза с короткозамкнутыми витками:

Φ_{u1} — магнитный поток, создаваемый током импульсного генератора; Φ_{u2} — магнитный поток от тока, протекающего по короткозамкнутым виткам

нами, к которым присоединена катушка, замкнутая на корпус. Для этих же целей можно использовать трансформаторный метод (рис. 20.18). Последовательность операций по ремонту обмоток якорей приведена в табл. 75.

Ремонт полюсных катушек. Последовательность операций по перемотке обмоток полюсных катушек приведена в табл. 76.

Т а б л и ц а 75. Технологический процесс ремонта якоря

Операция	Ремонтные работы	Оборудование, инструмент, приспособление
Осоединение обмотки от коллектора	Изготавливают и устанавливают клинья между петушками, распаивают петушки, поднимают концы обмотки, зачищают от излишка олова	Электродуговой паяльник
Демонтаж старой обмотки	Снимают бандажи, осаживают клинья и выбивают их из пазов; удаляют обмотку и очищают пазы якоря; замеряют и изготавливают изоляцию, укладывают ее в пазы якоря	Инструмент обмотчика
Изготовление новой обмотки	Наматывают секции обмотки якоря на станке, укладывают в пазы, изолируют лобовые части обмотки, изготавливают клинья и устанавливают их в пазы	Намоточный шаблон
Пропитка обмотки Бандажирование	Пропитывают обмотку якоря лаком в ванне, просушивают в сушильной камере (до и после пропитки); проверяют изоляцию обмотки на корпус, заготавливают и укладывают изоляцию под бандажи; накладывают шнуровые и проволочные бандажи и запаивают последние	Сушильная камера. Ручные ножницы, комбинированные кусачки
Присоединение обмотки якоря к коллектору	Выправляют петушки коллектора, лудят петушки и концы обмотки, разбирают концы согласно схеме и присоединяют их к петушкам, расклинивают петушки, пропаивают и зачищают	Асбестовые полосы толщиной 0,3 мм

Перемотка на другое напряжение и другую скорость вращения обмоток статоров асинхронных двигателей. При пересчете обмоток на другое напряжение число эффективных проводников в пазу изменяют прямо пропорционально фазному напряжению.

Т а б л и ц а 76. Технологический процесс перемотки обмотки полюсных катушек

Операция	Проводимые работы	Оборудование, инструмент, приспособление
Снятие полюсов с катушками	Снимают изоляцию, распаивают соединения между катушками, отсоединяют выводы обмоток от клеммной панели и маркируют полюса; открепляют и снимают полюса с катушками; снимают катушки и изоляционные прокладки с сердечника	Электропаяльник, плоскогубцы
Перемотка обмотки полюсных катушек	Снимают изоляцию с катушки, разматывают катушку, наматывают новую катушку на станке; пропитывают катушку лаком в ванне, просушивают в сушильной камере, покрывают наружную поверхность эмалью вручную	Намоточный шаблон, сушильная камера, пульверизатор, баночка для лака

Операция	Проводимые работы	Оборудование, инструмент, приспособление
Установка полюсов с катушками	Очищают выводные концы катушек от лака, устанавливают изоляционные прокладки и катушки на сердечник. Устанавливают прокладки и полюса в станину и закрепляют; выверяют диаметральные расстояния между полюсами, запаивают и изолируют соединения между катушками. Выводят концы на клеммную панель и проверяют полярность катушек полюсов	Масштабная линейка, баночка для клея, мегаомметр

Если при перемотке изменяется число параллельных ветвей обмотки, нужно полученное число эффективных проводников умножить на отношение нового числа параллельных ветвей к старому числу. Если старая обмотка имела три параллельные ветви, а новая будет выполнена с двумя, то множитель будет равен $2/3$, если старая имела 2 ветви, а новая выполняется с тремя, то множитель $3/2$.

Число эффективных проводников в пазу возрастает при увеличении фазного напряжения и числа параллельных ветвей и уменьшается при уменьшении напряжения и числа ветвей.

Для удобства пересчета при стандартных фазных напряжениях 220, 380, 500, 660 В используют рис. 20.19, а. Число проводников по нему определяют так: на горизонтальной линии старого напряжения находят старое число проводников и от найденной точки проводят вертикальную линию до пересечения с линией нового напряжения. Точка пересечения дает новое число проводников.

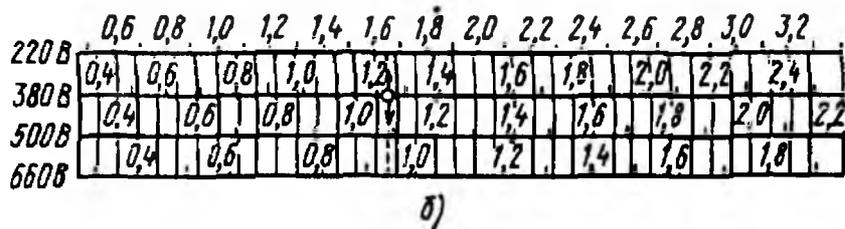
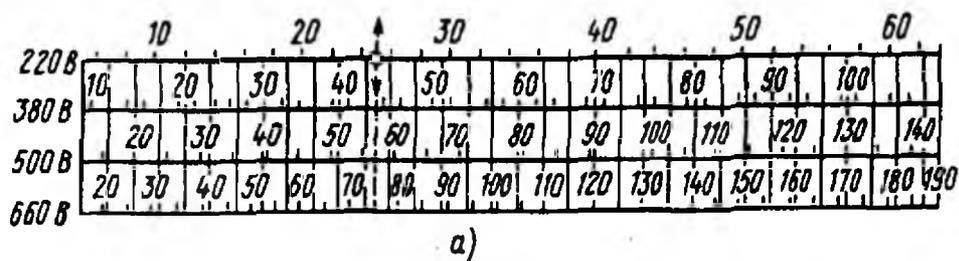


Рис. 20.19. Определение числа проводников в пазу при перемотке на другое напряжение (число параллельных проводников и ветвей не изменяется)

Пример. При фазном напряжении 220 В число проводников в пазу равно 25. Определить, сколько должно быть проводников при фазных напряжениях 380, 500 и 660 В.

На горизонтали 220 В находим точку 25, проводим от нее вниз вертикальную линию и находим число проводников в пазу при других напряжениях: 43 — при 380 В; 57 — при 500 В и 75 — при 660 В.

При изменении числа параллельных ветвей полученное число эффективных проводников в пазу надо умножить на отношение нового числа параллельных ветвей к старому. Так, если старое число ветвей равно 3, а новое число ветвей 2, результат, полученный на рис. 20.19, следует умножить на $2/3$. Число эффективных проводников в пазу статора изменяют прямо пропорционально напряжению, а сечение провода — обратно пропорционально.

Новый диаметр провода по меди при сохранении числа параллельных ветвей и параллельных проводников находят как произведение старого диаметра на корень квадратный из отношения старого напряжения к новому. Для удобства перерасчета диаметра приведен рис. 20.19, б.

Бандажирование обмоток. Для удержания обмоток якорей и роторов, подвергающихся действию центробежных сил при вращении, применяют проволочные бандажи. Бандажи накатывают из стальной луженой проволоки специальных сортов, имеющей гарантированную прочность на разрыв (табл. 77). Запас прочности бандажа 4—5.

Т а б л и ц а 77. Проволока для намотки бандажей

Диаметр, мм		Натяжение, Н
якоря	проволоки	
100—200	0,80	300—400
201—400	1,0	500—600
401—600	1,2	650—800

Технологические процессы пропитки, сушки и лакировки обмоток. Пропитку обмоток производят в специальном котле, заполненном лаком, в котором создают и поддерживают давление до 0,8 МПа в течение 5 мин, затем давление снижают до нормального и снова поднимают на 5 мин; эту операцию повторяют до 5 раз. По окончании пропитки лак удаляют, а обмотки выдерживают до тех пор в котле, пока не стекут все излишки лака. Сведения о пропиточных лаках и рекомендуемых количествах пропиток приведены в табл. 78.

Сушку обмоток после пропитки лаками разделяют на два этапа. На первом этапе (при 60—80°С) удаляют растворитель. На втором этапе происходит затвердевание лаковой основы при температуре 120—130°С в зависимости от лака и класса нагревостойкости изоляции.

Т а б л и ц а 78. Пропиточные лаки и число пропиток

Вид обмотки	Рекомендуемый лак	Число пропиток
Обмотки насыпные статоров, якорей и роторов (пропитка в узле; провода ПБД, ПЭЛБО, ПЭЛШО):		
нормальное исполнение	БТ-988 321Т	2 2
влагостойкое исполнение	БТ-987 321Т	3—5 3—5
Обмотки шаблонные якорей, статоров и роторов (пропитка витковой изоляции):		
нормальное и влагостойкое исполнение (провод ПБД)	БТ-988	1
Пропитка корпусной изоляции шаблонных обмоток:		
нормальное исполнение (провода ПБД, ПЭВП)	БТ-988	1
влагостойкое исполнение (провод ПСД)	БТ-987	1
Пропитка обмотанных статоров с шаблонной обмоткой:		
нормальное исполнение (провода ПБД, ПЭВП)	БТ-988	1
влагостойкое исполнение (провода ПБД, ПЭВП)	БТ-987	2
Пропитка обмотанных роторов со стержневой обмоткой:		
нормальное исполнение	321Т	1
влагостойкое исполнение	321Т	2
Пропитка шунтовых катушек машин постоянного тока:		
нормальное исполнение (провода ПБД, ПЭЛБО, ПЭВ-2)	БТ-987 321Т	2 2
влагостойкое исполнение (провода ПБД, ПЭЛБО, ПЭВ-2)	БТ-987 321Т	3 2—3

П р и м е ч а н и я : 1. Способ пропитки для шунтовых катушек под вакуумом и давлением, для остальных — горячее погружение.

2. Класс изоляции для нормального и влагостойкого исполнения — А

После сушки обмотки выгружают из печи и оставляют на воздухе для охлаждения. Если обмотки подвергают повторной пропитке, то их охлаждают на воздухе до 60—70°С и затем снова погружают в лак.

Лакировку обмоток производят непосредственно за сушкой пропитанных обмоток после их укладки в пазы. Рекомендуемая температура обмотки при лакировке 50—60°C. Толщина пленки лака или эмали не более 0,05—0,1 мм. После нанесения покровного лака или эмали обмотки подсушивают на воздухе или в печах в зависимости от применяемого лака или эмали.

Т а б л и ц а 79. Режимы лакировки и сушки обмоток

Обмотки	Способ лакировки	Тип покровного лака или эмали	Температура сушки, °С	Время сушки, ч
Статоров машин переменного тока нормального исполнения	Пульверизация	БИ-99, ГФ-92ХС, ГФ-92ХК	15—25	6—24
Якорей и роторов нормального исполнения	»	БТ-99, ГФ-92ГС	20; 80—110	4 и более
Статоров машин переменного тока с влагостойкой изоляцией	Погружение	БТ-99, ГФ-92ХС	20	6—24
	Пульверизация	ГФ-92ГС	110—120	3—10
Якорей и роторов с влагостойкой изоляцией	Погружение	460, БТ-99	120—140	8 и более
	Пульверизация	ГФ-92ГС	110—120	4—12
Статоров машин переменного тока изоляцией класса Н	Погружение	ПКЭ-15, ПРКЭ-13	120—180	8—12
	Пульверизация	ПКЭ-19 или ПКЭ-14	—	—

Обмотки, покрытые лаком или эмалью воздушной сушки, охлаждают на воздухе до исчезновения липкости (обычно 12—18 ч). Для сокращения времени лаковое покрытие можно сушить в печи при 70—80°C в течение 3—4 ч. Покровные лаки и эмали печной сушки сушат при 100—180°C в зависимости от вида эмали и класса нагревостойкости изоляции (табл. 79).

§ 85. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ РУ И УСТАНОВОК НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

Технологические операции по ремонту основных аппаратов РУ и установок напряжением выше 1000 В приведены в следующих таблицах: разъединителей — табл. 80, выключателей нагрузки — табл. 81, масляных выключателей — табл. 82.

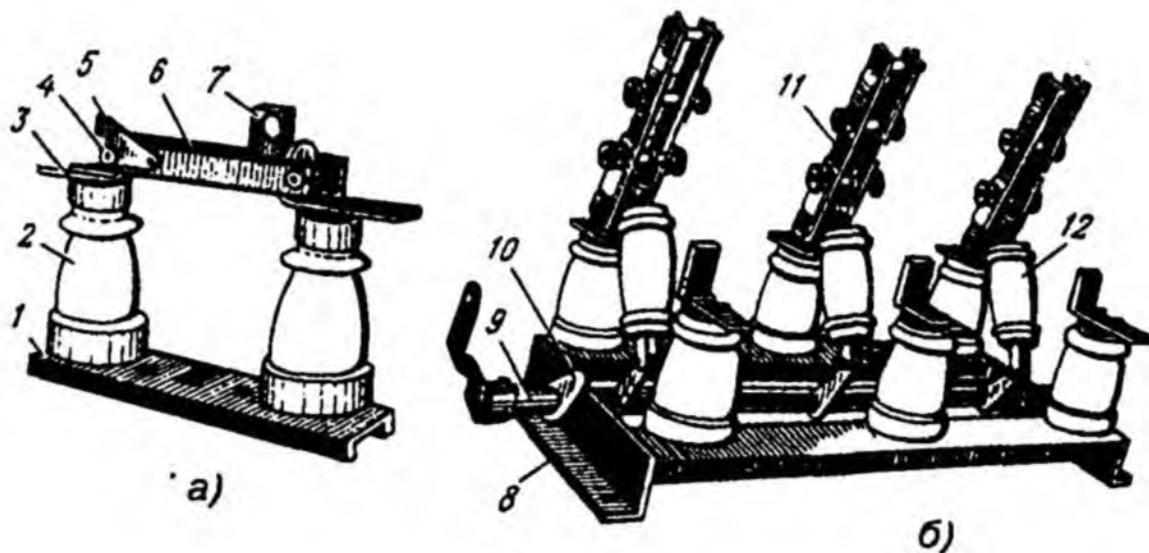


Рис. 20.20. Высокоточные разъединители для внутренней установки:

a — однополюсный типа РВО на 6 кВ; *b* — трехполюсный типа РВТ на 10 кВ; 1 — цоколь; 2 — опорный изолятор; 3 — неподвижный контакт; 4 — ось скобы упора; 5 — скоба; 6 — подвижный контактный нож; 7 — ушко для управления разъединителем; 8 — рама; 9 — вал; 10 — упор; 11 — нож разъединителя с контактными пружинами и электромагнитным замком; 12 — тяга

Т а б л и ц а 80. Ремонт разъединителей (рис. 20.20)

Операция	Ремонтные работы	Показатели
Осмотр разъединителей и замена дефектных деталей	Очистка изоляторов, контактов и ножей от грязи, копоти, подгаров. Расслоившиеся детали из бакелита заменяют новыми. При незначительных повреждениях их покрывают бакелитовым лаком 2 раза и сушат 3 ч	Температура сушки 60°С
Частичный ремонт армированных деталей	Удаляют старую армировку с поврежденной части и заливают новый цементгирующий слой	Разрушение армировки не должно превышать 1/3 окружности фланца
Полное перearмирование	Армируют заново изоляторы	Разрушен армирующий пояс больше 1/3 окружности фланца или колпака
Регулирование разъединителя	Давление в контактах разъединителя считают нормальным, если вытягивающее усилие для каждого полюса не ниже следующих данных: Сила тока разъединителя, А 600 1000 2000 Вытягивающее усилие, Н 200 400 800	Регулирование проверяют путем 10-кратного включения и отключения разъединителя

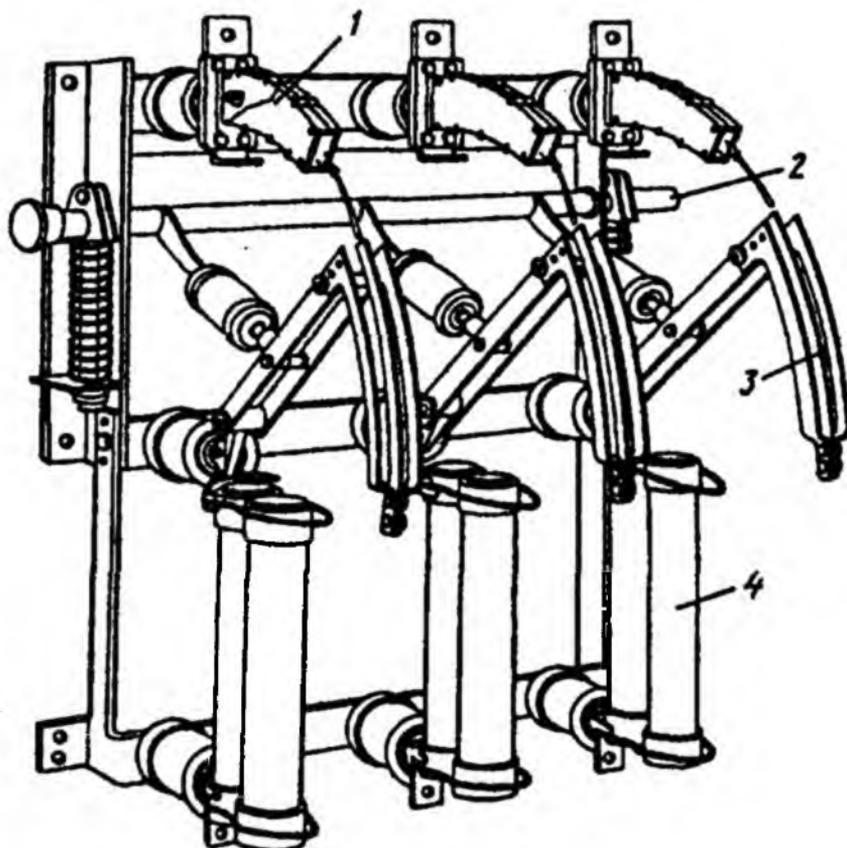


Рис. 20.21. Выключатель нагрузки на напряжение 6 и 10 кВ:

1 — дугогасительная камера; 2 — вал; 3 — подвижный контакт; 4 — предохранитель

Т а б л и ц а 81. Ремонт выключателей нагрузки (рис. 20.21)

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Осмотр выключателей и замена дефектных деталей	Очищают контактные поверхности от следов оплавления, грязи и копоти. Отвертывают винты, крепящие щеки дугогасительного устройства, осматривают и при необходимости заменяют вкладыши	Если стенки вкладышей выгорели, их заменяют новыми
Проверка пружин и буферных устройств	Дефектные и ослабленные пружины заменяют новыми. Износившиеся резиновые шайбы буфера заменяют новыми	Пружины применяют только заводского изготовления, а шайбы делают из листовой резины толщиной 4—6 мм
Смазка и регулирование выключателя	Трущиеся поверхности очищают от старой смазки и наносят свежую смазку. При регулировании добиваются одновременного входа и выхода ножей в неподвижные контакты	Смазку применяют с учетом температуры окружающей среды. Величина вытягивающего усилия как и у разъединителей

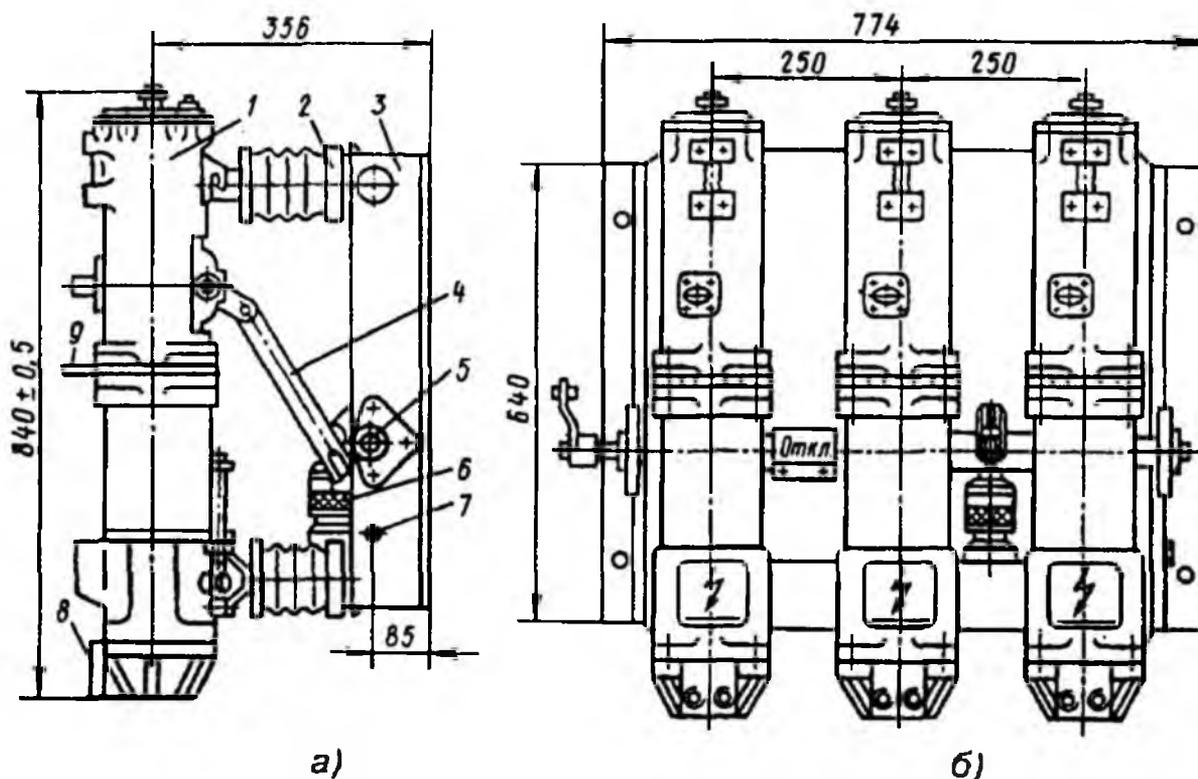


Рис. 20.22. Выключатель ВМП-10:

а — общий вид; б — разрез одного полюса; 1 — корпус выключателя; 2 — изолятор; 3 — рама; 4 — изоляционная тяга приводного механизма; 5 — вал; 6 — масляный буфер; 7 — болт для заземления; 8 — нижний контактный вывод; 9 — верхний контактный вывод

Т а б л и ц а 82. Ремонт масляных выключателей ВМГ-133 и ВМП-10 (рис. 20.22)

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Осмотр, очистка, разборка выключателя	Очищают детали выключателя от грязи, сливают масло из цилиндров. Отсоединяют от полюсов изоляционные тяги и, сняв полюса, открывают нижние крышки с неподвижными контактами. Вынимают распорные бакелитовые цилиндры и дугогасительные камеры	Маслоотделители из цилиндров вынимают, предварительно сняв верхние крышки
Ремонт контактной системы	Очищают слегка обгоревшие контакты Опиливают контакты с напылами, сильно обгоревшие заменяют новыми Наконечники подвижных контактов при необходимости заменяют новыми	Наждачной шкуркой Напильником личным Наконечники на- вертывают до отка- за на контактный стержень и накер- нивают по окруж- ности
Ремонт буферного устройства	Буфер очищают от грязи, заливают чистым трансформаторным маслом и проверяют плавность хода	Шток и поршень масляного буфера при перемещении от руки должны двигаться плавно, без заеданий

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Регулировка выключателя ВМП-10 (включение и отключение производят только вручную)	Ввертывают до упора в резьбовое отверстие на торце каждого подвижного контакта полюса стержень диаметром 6 мм длиной 400 мм. Добиваются, чтобы полный ход подвижных контактов составлял 245 ± 5 мм; ход в контактах 60 ± 4 мм для выключателей до 1000 А и 54 ± 4 мм для выключателей 1500 А	Угол поворота вала $87 \pm 2^\circ$, недоход механизма до крайнего положения не менее 4 мм

Ремонт приводов масляных выключателей (рис. 20.23). Проверяют правильность взаимодействия деталей механизма и наличие требуемых зазоров, отсутствие заеданий между отдельными движущимися деталями механизма привода. Неправильную работу частей механизма устраняют путем чистки, смазки, регулирования. При ремонте привода нельзя подпиливать или подшабривать рабочие поверхности деталей его механизма.

Отремонтированный привод после сборки проверяют путем нескольких включений и отключений вручную: привод должен работать четко, плавно и без заеданий. Повторно проверяют качество ремонта и правильность сборки привода на месте установки после соединения его с выключателем.

Последней операцией является регулирование привода совместно с выключателем и проверка его работы от действия устройств релейной защиты и автоматики (табл. 83).

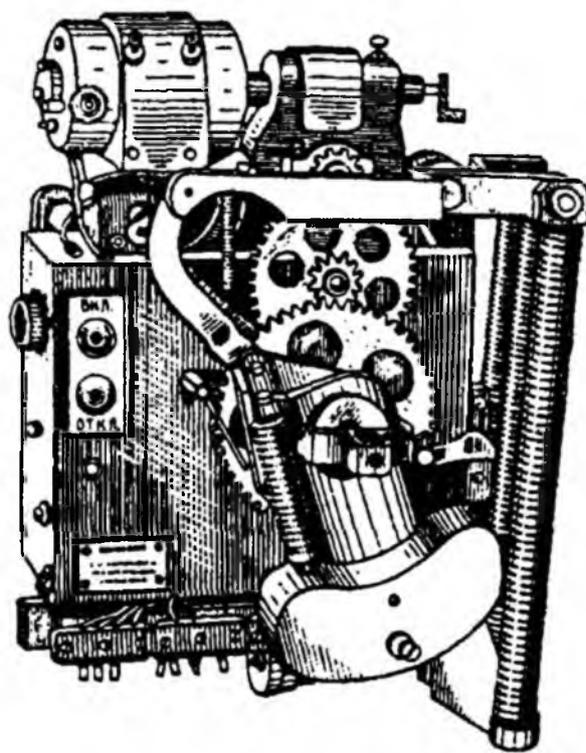


Рис. 20.23. Общий вид привода типа ПП-67

Т а б л и ц а 83. Ремонт встроенных реле прямого действия всех типов и конструкций

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Проверка состояния и ремонт подпятников, осей, пружин, контактов, обмоток, изоляции	<p>Вывертывают и осматривают подпятники, промывают спиртом, дефектные заменяют новыми, осматривают подвижные оси; подогнутые выправляют, риски убирают полировкой</p> <p>Регулируют продольный люфт оси, изменяя положение подпятника. Неисправные пружины заменяют новыми. Контакты очищают и промывают спиртом, износившиеся заменяют; при необходимости регулируют</p> <p>Обмотки реле не должны иметь следов копоти, вмятин или других повреждений, должны быть хорошо закреплены на магнитопроводе. Нарушенную изоляцию восстанавливают</p>	<p>Пользуются лупой 5—6-кратного увеличения</p> <p>Витки пружины должны быть на одинаковом расстоянии друг от друга</p> <p>Зазоры между подвижными частями реле и полюсами магнитной системы должны соответствовать заводским данным</p>
Контроль регулировки реле	Отремонтированное и отрегулированное реле проверяют путем повторных включений и отключений. Смазывать реле, электромагниты, оси, ролики, отключающие планки стойки, запрещается	Число циклов 15—20. При регулировке лучше пользоваться специальным инструментом

Ремонт высоковольтных предохранителей (рис. 20.24). Плавкие вставки делают из меди, свинца, сплава свинца с оловом, железа.

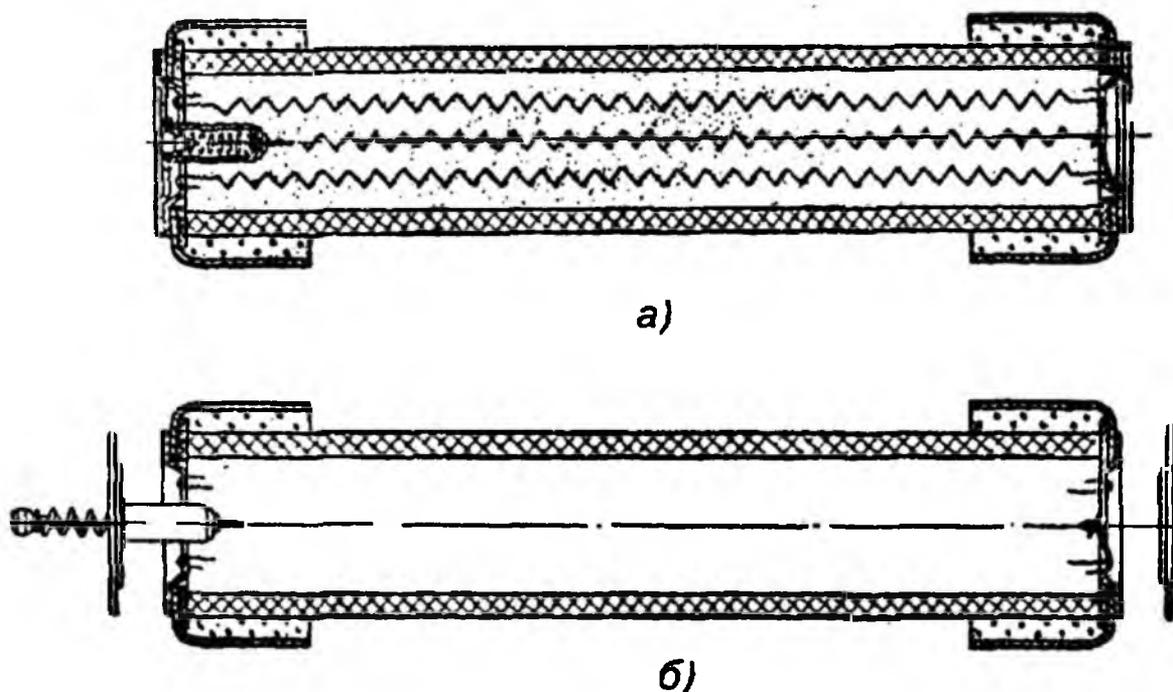


Рис. 20.24. Патрон предохранителя со спиральными плавкими вставками (без сердечника) на 6—10 кВ:

a — в собранном виде; *б* — при перезарядке

Наибольшее распространение в электрических сетях до 35 кВ имеют трубчатые предохранители типа ПК и ПКТ. Перегоревшие плавкие вставки заменяют новыми. Проволоку для замены плавкой вставки необходимо выбирать в строгом соответствии с требованиями защиты отдельных участков электрической сети.

Значения силы тока, при которой плавится проволока из различных металлов, приведены в табл. 84. Эти данные не являются стабильными и зависят не только от диаметра и материала, но и от длины, температуры окружающего воздуха, состояния контактов и т. д.

Т а б л и ц а 84. Сила тока, вызывающая плавление проволоки

Сила тока, А	Диаметр проволоки, мм, для металлов			Сила тока, А	Диаметр проволоки, мм, для металлов		
	Медь	Свинец	Железо		Медь	Свинец	Железо
1	0,05	0,21	0,12	60	0,83	3,14	0,81
2	0,09	0,33	0,19	70	0,92	3,48	2,01
3	0,11	0,43	0,25	80	1,01	3,82	2,20
4	0,14	0,52	0,31	90	1,08	4,12	2,38
5	0,16	0,60	0,42	100	1,16	4,42	2,55
10	0,25	0,95	0,55	120	1,31	5,01	2,88
15	0,33	1,25	0,72	140	1,45	5,53	3,19
25	0,46	1,75	1,01	160	1,59	6,05	3,49
35	0,57	2,21	1,28	180	1,72	6,54	3,77
50	0,73	2,78	1,61	250	2,15	8,15	4,71

При установке отремонтированных предохранителей необходимо проверять целостность плавкой вставки и полноту засыпки наполнителем (кварцевым песком). Патроны предохранителей должны входить в губки без больших усилий и не иметь перекосов. Указатели срабатывания патронов должны быть обращены вниз.

Ремонт трансформаторов тока (рис. 20.25). Трансформаторы тока различают по роду установки, способу установки, выполнению первичной обмотки. Ремонт трансформаторов заключается в следующем:

при наличии заусенцев на краях листов или оплавлений их следует зачистить напильником;

при частичном или полном выходе из строя стали сердечника последний восстанавливают путем замены листов из однотипного, вышедшего из строя, трансформатора тока. Материал и размеры стали должны соответствовать заменяемой детали.

Ремонт трансформаторов напряжения. Небольшие механические повреждения поверхности бака масляных трансформаторов напряжения устраняют без выемки сердечника.

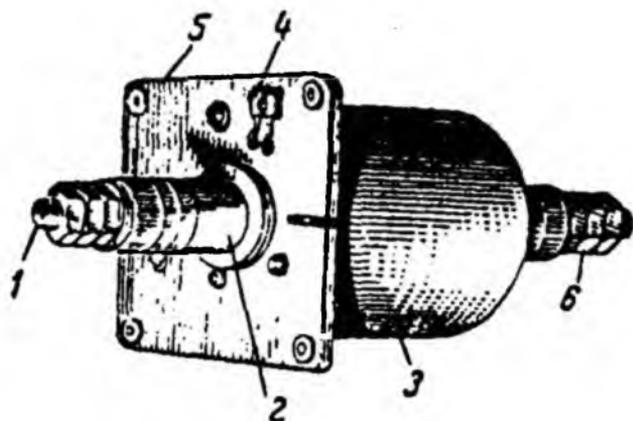


Рис. 20.25. Стержневой трансформатор тока типа ТПОФ, 10 кВ, 600 А:

1 — токоведущий стержень (первичная обмотка); 2 — фарфоровый изолятор; 3 — кожух, закрывающий сердечник с вторичной обмоткой; 4 — зажимы вторичной обмотки; 5 — фланец для крепления трансформатора тока; 6 — зажимы для присоединения шин

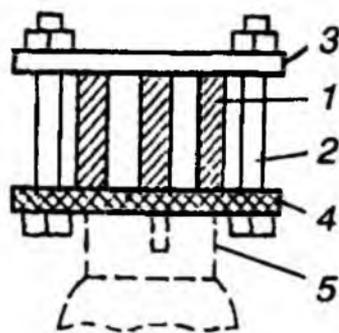


Рис. 20.26. Шинодержатель:

1 — шина; 2 — болт; 3, 4 — накладки; 5 — головка изолятора

При сложных повреждениях трансформатора (смещение сердечника, катушек, нарушение изоляции и др.) производят его разборку с выемкой сердечника. Сердечник извлекают только в сухом помещении; он может находиться вне масла (без последующей сушки) не более 12 ч.

Ремонт шинных устройств (рис. 20.26). Шинные устройства применяют во всех распределительных устройствах независимо от напряжения и типов (открытые или закрытые). Шины выполняют в виде полос прямоугольного сечения из меди, алюминия и стали. В РУ напряжением до 10 кВ применяют шины прямоугольного сечения с соотношением сторон 1 : 5 — 1 : 10.

Ремонт шин заключается в креплении или замене болтовых соединений шинодержателей. В табл. 85 приведены допустимые усилия затягивания болтов.

Т а б л и ц а 85. Допустимые усилия затягивания болтов для плоских шин

Диаметр болта, мм	Площадь нормальной шайбы, мм ²	Усилие, кН, от руки на ключ при окружающей температуре, °С		
		5	10	15
10	280	0,05	0,07	0,08
12	450	0,07	0,09	0,09
14	500	0,09	0,11	0,15
16	650	0,13	0,16	0,18
18	870	0,17	0,20	0,22

Неровности и пленки окиси с контактных поверхностей удаляют напильником, не допуская общего уменьшения сечения шины более чем на 1,5 %.

Если вмятины или выемки уменьшают сечение шин более чем на 1,5 % для алюминия и 1 % для меди, но не более 10 % от их общего сечения, то дефектное место усиливают накладкой, которую соединяют болтами.

Крепление алюминиевых и медных шин на изоляторах производят различными способами в зависимости от количества шин каждой фазы, которое определяют по силе тока, протекающего в них. Для установок с большой силой тока применяют многополосные шины.

Шины вследствие нагрева протекающим током изменяют свою длину, поэтому при монтаже предусматривают компенсирующие устройства. У шин длиной до 25 м в местах их крепления делают отверстия овальной формы (при креплении к изоляторам). Под головки болтов устанавливают пружинные шайбы.

Данные для выбора пластин компенсаторов для однополосных шин при толщине пластин 0,5 мм приведены в табл. 86. При толщине пластин меньше 0,5 мм количество их должно быть соответственно увеличено.

Т а б л и ц а 86. Выбор пластин компенсаторов для шин

Размер шины, мм		Компенсатор	
Ширина	Толщина	Число пластин	Длина одной пластины, м
40	4	10	0,5
50	5	12	
60	6	14	
80	8	18	0,6
100	10	20	
120	10	22	

Выбор числа компенсаторов в зависимости от длины шин и материалов приведен ниже.

Длина шины, м:			
алюминиевой	20—30	30—50	50—75
медной	30—50	50—80	80—100
стальной	30—60	60—85	85—115
Число компенсаторов	1	2	3

Шины после ремонта должны быть окрашены, кроме мест ответвлений и присоединений к аппаратам, которые после выпол-

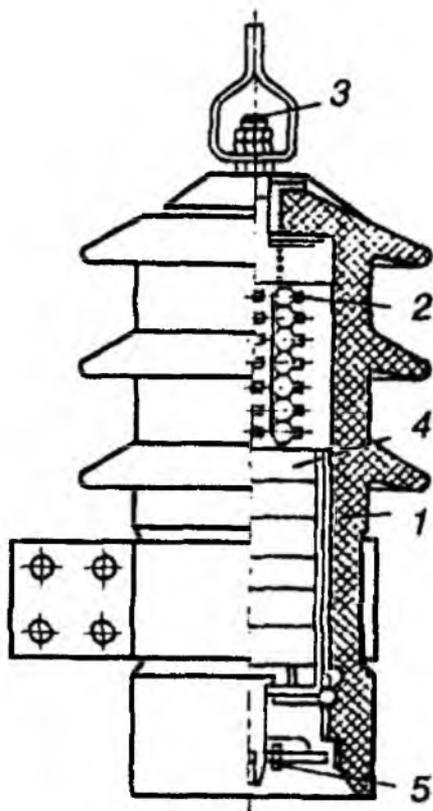


Рис. 20.27. Разрядник типа РВП-6:
1 — фарфоровый кожух; 2 — искровой промежуток; 3—5 — соответственно верхний и нижний заземляющие зажимы; 4 — вилитовые диски

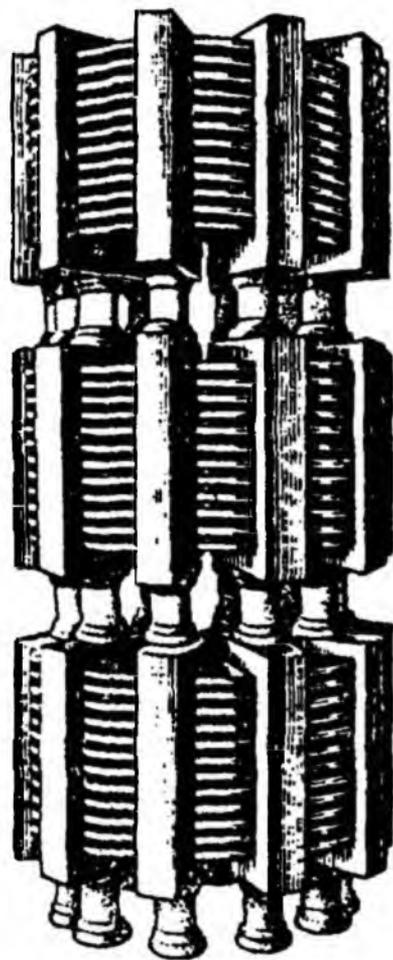


Рис. 20.28. Трехфазный бетонный реактор на 10 кВ с вертикальным расположением фаз

нения присоединений покрывают прозрачным глифталевым лаком. Согласно принятым обозначениям, фазы шин трехфазного переменного тока обозначают буквами А, В, С.

Ремонт разрядников. Вилитовый разрядник РВП (рис. 20.27). При ремонте проверяют целостность крышки, плотность укладки внутренних деталей: они не должны перемещаться. Разрядник вскрывают только при неудовлетворительных результатах испытаний. При этом проверяют целостность вилитовых дисков и искровых промежутков, исправность нажимной пружины. Дефектные детали заменяют новыми.

При сборке тщательно герметизируют крышку разрядника, защищая внутренние детали от атмосферных воздействий для сохранения стабильности его работы. Герметизацию осуществляют путем установки в нижней части разрядника двух диафрагм из озоностойкой резины.

Трубчатые разрядники. При ремонте проверяют состояние фибробакелитовой трубки, прочность крепления на ней стальных на-

конечников, правильность расположения внутри трубки электродов, исправность указателя срабатывания. Поврежденный лаковый покров трубки восстанавливают. Ослабленные наконечники обжимают на трубке. При необходимости регулируют внутренний искровой промежуток между электродами.

Проверяют исправность указателя срабатывания. Поврежденную латунную фольгу заменяют новой полоской толщиной 0,02 мм. Внутренний диаметр дугогасительного канала и длина внутреннего искрового промежутка разрядника не должны отличаться от паспортных данных более чем на 0,5 и 1 мм соответственно. После ремонта наконечники окрашивают черной эмалевой краской.

Ремонт реакторов (рис. 20.28). При осмотре бетонных реакторов проверяют величину сопротивления изоляции колонок и измеряют площадь поврежденных участков лакового покрова колонок. Если величина сопротивления изоляции снизилась по сравнению с заводскими данными более чем на 30 % или поверхность повреждений покрова превышает 25 % общей, реактор подвергают капитальному ремонту и сушке.

При ремонте устраняют деформацию витков обмотки, восстанавливают поврежденную изоляцию обмотки и бетонных колонок, поправляют разрушенные части колонок. Новый лаковый покров на колонки наносят, применяя натуральную олифу или один из следующих лаков: № 319, 441, 447, 460 или Л-1100.

При частичном разрушении колонки ее восстанавливают так: составляют бетон из равных по объему частей цемента марки 500, кварцевого песка и гравия, замешанных на чистой воде (50—60 % от массы цемента).

Опалубку для бетонирования изготавливают из гладко оструганных досок, снимают ее после окончания процесса «схватывания» через 20—40 ч в зависимости от температуры окружающей среды. Отвердевание бетона длится 25—30 дней, считая со дня начала бетонирования.

Сушку и запечку отремонтированного реактора производят спустя 25—30 суток в сушильной камере при 90—110°C. Процесс сушки длится 40—50 ч.

Ремонт заземляющих устройств. При ремонте электрооборудования машиностроительного предприятия одновременно ремонтируют заземляющую сеть. В заземляющих устройствах наиболее часто повреждаются сварные швы. Целость сварных швов проверяют ударами молотка по сварным стыкам. Обнаруженный дефектный участок вырубает и заваривают электродуговой, автогенной или термитной сваркой.

До начала ремонта заземляющего устройства проверяют сопротивление заземлителя растеканию тока. Если оно выше нормы, то принимают меры к его снижению способом соленой обработки

земли. Вокруг электродов заземлителя укладывают в радиусе 300 мм слой соли и земли толщиной 15 мм. Каждый слой поливают водой. Этим способом обрабатывают землю вокруг верхней части электрода заземлителя на $1/3$ ее высоты. Недостаток способа в том, что он требует повторной обработки земли через каждые 3—4 года.

Ремонт статических конденсаторов. При осмотре или ремонте (капитальном или текущем) основного оборудования электроприемника, асинхронного электродвигателя, силового трансформатора и т. п., непосредственно к зажимам которого подсоединены конденсатор или группа конденсаторов, установленных в одном помещении с этим оборудованием, производят одновременно осмотр или ремонт (соответственно капитальный или текущий) этих конденсаторов.

Текущий ремонт конденсаторных установок напряжением до и выше 1000 В проводят не реже 1 раза в год с обязательным отключением установки.

При текущем ремонте конденсаторных установок выполняют:

- а) проверку степени затяжки гаек в контактных соединениях;
- б) проверку мегаомметром (омметром) целости плавких вставок и цепи разряда конденсаторов;
- в) проверку внешним осмотром качества присоединения ответвления к заземляющему контуру;
- г) очистку поверхности изоляторов, корпусов конденсаторов, аппаратуры и каркаса от пыли других загрязнений;
- д) измерения емкости каждого конденсатора (для конденсаторов напряжением выше 1000 В);
- е) проверку мегаомметром на отсутствие замыкания между изолированными выводами и корпусом конденсаторов;
- ж) подпайку мягким припоем мест со следами просачивания пропитывающей жидкости, включая места установки проходных изоляторов в крышках конденсаторов;
- з) замену неисправных секций конденсаторных батарей или отдельных конденсаторов;
- и) опробование устройств автоматического управления и регулирования, релейной защиты и действия приводов выключателей.

Измерения сопротивления изоляции между выводами и относительно корпуса конденсатора не нормируются и производятся мегаомметром на напряжение 2500 В. Измерение емкости отдельного элемента не должно отличаться от паспортных данных более чем на $\pm 10\%$.

Погрешность измерительных приборов не должна превышать 2%. Измерение емкости производят при температуре 15—35°C. Проверку срабатывания защиты конденсаторов производят непосредственным измерением тока однофазного короткого замыкания на корпус с помощью специальных приборов или измерением

полного сопротивления петли фаза — нуль с последующим определением тока однофазного короткого замыкания. Полученный ток сравнивают с номинальным током защитного аппарата.

§ 86. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ РУ И УСТАНОВОК НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Рубильники и переключатели (рис. 20.29). При ремонте рубильников и переключателей тщательно очищают контактные поверхности ножей и контактных губок от грязи, копоти и частиц оплавленного металла. При сильных оплавлениях ножей или губок их заменяют новыми.

Подтягивают все крепежные детали, шарнирные соединения, проверяют состояние пружин и пружинных скоб, ослабленные заменяют новыми. Добиваются, чтобы ножи входили в губки без ударов и перекосов, но с некоторым усилием. Контактная поверхность губки должна плотно прилегать к соответствующей поверхности ножа. Щуп толщиной 0,05 мм может входить в пространство между губкой и ножом на глубину не более 6 мм.

Регулируют глубину вхождения ножей в губки так, чтобы у рубильника с рычажным приводом ножи при полностью включенном положении не доходили до контактной площадки губки на 3 мм. В то же время вся контактная часть ножа должна войти в губки. Глубину вхождения ножей в губки рубильников с рычажным приводом регулируют увеличением или сокращением длины тяги от рукоятки к рубильнику.

Неодновременность выхода ножей из контактных губок не должна превышать 3 мм. Проверяют плотность затяжки всех контактных соединений. Износ должен быть не более: для сухарей пальцев — 4—5 мм (во избежание уменьшения разрывных расстоя-

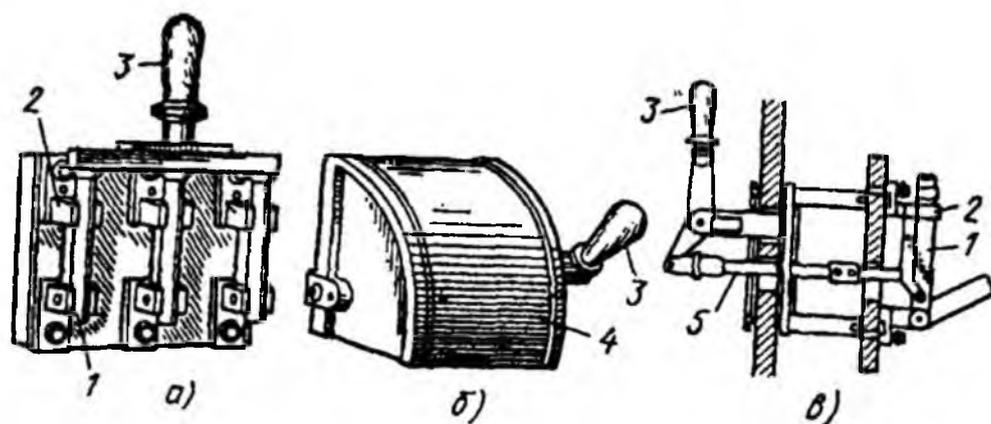


Рис. 20.29. Трехполюсный рубильник:

a — трехфазный в открытом исполнении; *б* — в закрытом кожухе; *в* — управляемый механическим приводом; 1 — ножи; 2 — трубки; 3 — рукоятка; 4 — кожух; 5 — тяга

ний между сухарями и сегментом); для сегментов — 1 мм (во избежание задеваний сухарей за головки винтов).

Реостаты, контроллеры, конечные выключатели, контакторы и магнитные пускатели, автоматы. При ремонте реостата проверяют плотность прилегания щеток к контактам и легкость перемещения подвижного контакта по поверхности неподвижных. Для увеличения давления щеток на контакты отвертывают стопорный болт, прижимают подвижный контакт к неподвижным и вновь закрепляют кольцо. Перегоревшие элементы восстанавливают, чугунные заменяют новыми, а ленточные и проволочные сваривают, предварительно соединив на длине 15 мм поврежденные места бандажом из медной проволоки диаметром 0,5 мм.

Реостаты серий РМ и ПР заливают сухим чистым трансформаторным маслом; уровень масла в баке устанавливают в пределах между рисками в маслоуказательном стекле. После ремонта проверяют реостат на отсутствие обрыва в цепи и плавность хода подвижного контакта. При ремонте жидкостных реостатов очищают контакты и ножи, регулируют механизм подъема и опускания ножей, заменяют загрязненный раствор в баке реостата.

При ремонте барабанного кранового контроллера его продувают сжатым воздухом, очищают тряпкой, смоченной керосином, в изоляционные поверхности сухой тряпкой; устанавливают провал сухаря в пределах 2—3 мм. Увеличенный провал повышает износ сухарей и концов сегментов и вызывает поломку пальцев. Регулирование провала производят при помощи регулировочного винта 1. Недостаточный провал указывает на слабое нажатие. Рекомендуемые усилия нажатия сухарей на сегменты приведены ниже.

Ширина сухаря, мм	12	15	20	25	30
Нажатие, Н	7—13	10—16	14—22	16—27	20—33

Нажатие проверяют с помощью динамометра и листа бумаги, проложенной между сухарем и сегментом. Гайкой 2 и пружиной 3 устанавливают наибольшие значения нажатия с тем, чтобы после износа сухарей они не упали ниже допустимых значений.

При ремонте магнитного пускателя (рис. 20.30) очищают контакты, проверяют сохранность биметаллических элементов и нагревателей. Вышедшие из строя элементы заменяют новыми заводского изготовления.

Удерживающую катушку с пересохшей изоляцией заменяют новой. При отсутствии катушек заводского изготовления их наматывают в ЭРЦ. Если на сгоревшей катушке нет паспорта и не известны ее заводские данные, то число витков и сечение провода определяют по старой катушке. У многовитковых катушек число

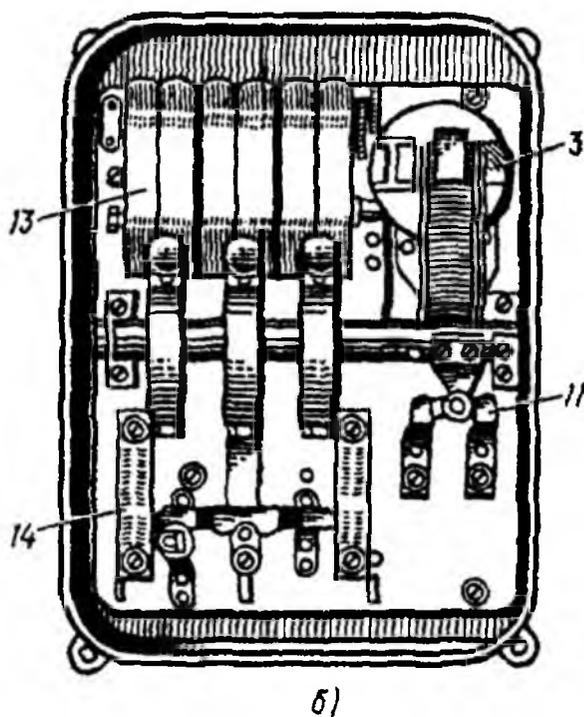
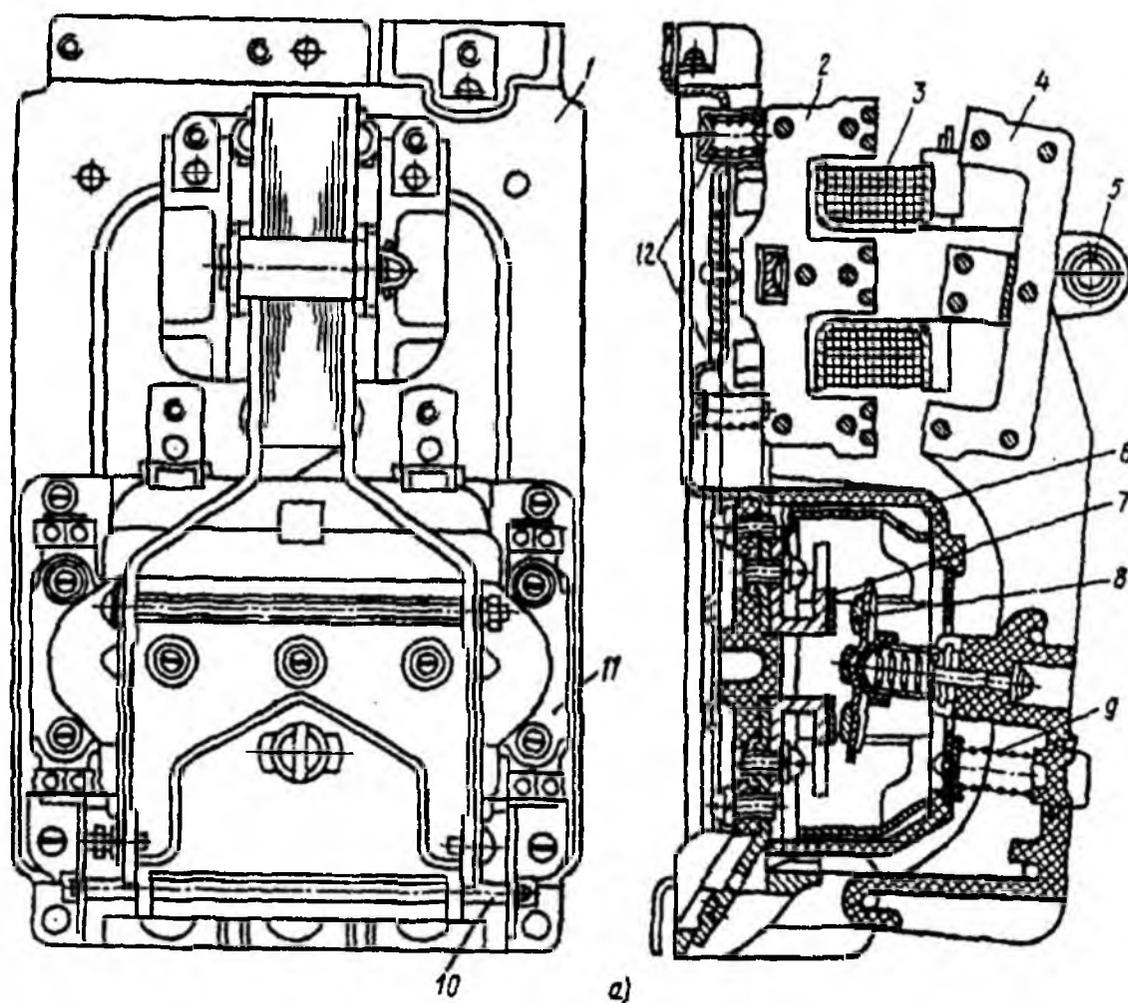


Рис. 20.30. Магнитные пускатели ПА (а) и ПМ (б):

1 — основание; 2 — сердечник; 3 — катушки; 4 — якорь; 5 — упор; 6 — изоляционная камера; 7, 8 — неподвижные и подвижные контакты; 9 — пружина возврата якоря; 10 — ось якоря; 11 — блок-контакты; 12 — амортизирующая пружина; 13 — дугогасительная камера; 14 — тепловое реле

витков n может быть определено по диаметру проволоки, массе меди и средней длине витка:

$$n = \frac{135 G}{d^2 l_{\text{в}}},$$

где G — масса катушки, кг; d — диаметр проволоки, мм; $l_{\text{в}}$ — средняя длина витка, м:

$$l_{\text{в}} = \pi(D_1 + D_2)/2,$$

где D_1 и D_2 — наружный и внутренний диаметры катушки. Массу изоляции принимают равной 5 % от общей массы.

Можно, не вскрывая катушки, определить диаметр проволоки по массе и сопротивлению. Для катушек бескаркасных или с прессшпановым каркасом

$$d \approx 1,3 \sqrt[4]{G/R},$$

где R — омическое сопротивление (постоянному току) при 20°C.

Пересчет катушки переменного тока на другое напряжение. Известно: напряжение U_1 режим ПВ₁, диаметр голого провода d_1 , и изолированного D_1 , число витков n , сопротивление R_1 и марка провода. Требуется определить обмоточные данные d_2 ; n_2 ; R_2 новой катушки для напряжения U_2 при том же режиме работы ПВ₁.

Число витков катушки

$$n_2 = n_1 \cdot U_2/U_1.$$

Расчетный диаметр изолированного провода из условия сохранения коэффициента заполнения катушки, мм,

$$D_2 = D_1 \cdot \sqrt{n_1/n_2}.$$

По каталогу находят ближайший меньший диаметр изолированного провода D_2 и соответствующий ему диаметр голого провода d_2 . Сопротивление при 20°C, Ом,

$$R_2 = \frac{n_2 \cdot d_1^2 \cdot R_1}{n_1 \cdot d_2^2}.$$

При ремонте *конечных выключателей* обеспечивают провал контактного мостика в пределах 1—4 мм. При больших провалах мостик может во время срабатывания выключателя соскочить; при отсутствии провала неизбежно нарушение контакта; для новых контактов провал устанавливают наибольшим, чтобы обеспечить возможность регулировки при износе.

Начальное нажатие P_n измеряют при разомкнутых контактах, заложив между контактным мостиком и держателем тонкую бумаж-

ку. Динамометр в момент, когда бумажку легко вытянуть, показывает нажатие, приведенное ниже.

Нажатие, <i>H</i> :	
начальное	от 3 до 5
конечное	от 6 до 8

Конечное нажатие *P* измеряют при замкнутых контактах, заложив тонкую бумажку между контактами. После износа контактов величина конечного нажатия приближается к начальному.

При ремонте контактора очищают от копоти и грязи контакты и пластины в дугогасительной камере. Обгоревшие контакты очищают мягкой стальной щеткой. Обращают внимание на состояние гибкой связи из медных пластин толщиной 0,2—0,5 мм. Поврежденные пластины заменяют новыми таких же сечений.

О состоянии электромагнитной системы судят по величине издаваемого при работе шума. Повышенный шум свидетельствует об ослаблении винтов, крепящих ярмо и якорь, повреждении короткозамкнутого витка и недостаточности площади прилегания поверхностей обеих половин электромагнита. В этом случае подтягивают крепежные детали якоря и сердечника, устанавливают в вырезе сердечника короткозамкнутый виток, увеличивают площадь поверхности соприкосновения обеих половин электромагнита и добиваются большей точности их пригонки.

При прижатом к сердечнику якорю полоска папиросной бумаги не должна передвигаться между крайними выступами магнитопровода. Если поверхность соприкосновения менее 60—70 %, то сердечник нуждается в подгонке. Необходимый зазор между средними выступами магнитопровода указан ниже:

Габарит контактора	II и III	IV и V
Зазор между средними выступами, мм	0,3 ± 0,5	0,15 ± 0,05

Ремонт автоматических выключателей серии *A* незначительно отличается от ремонта магнитных пускателей и здесь не рассматривается.

При регулировании выключателя «Электрон» на силу тока 1000—4000 А раствор разрывных контактов устанавливают не менее 18 мм; зазор между главными контактами при касании разрывных контактов должен быть не менее 11 мм; величину хода якоря механизма включения доводят до 4 ÷ 4,5 мм, проверяют провалы главных и разрывных контактов. Они должны составлять у главных 3,5 ± 0,5 мм, у разрывных 6 ± 2 мм. Увеличение провала главных контактов достигается одновременным вывинчиванием регулировочных бол-

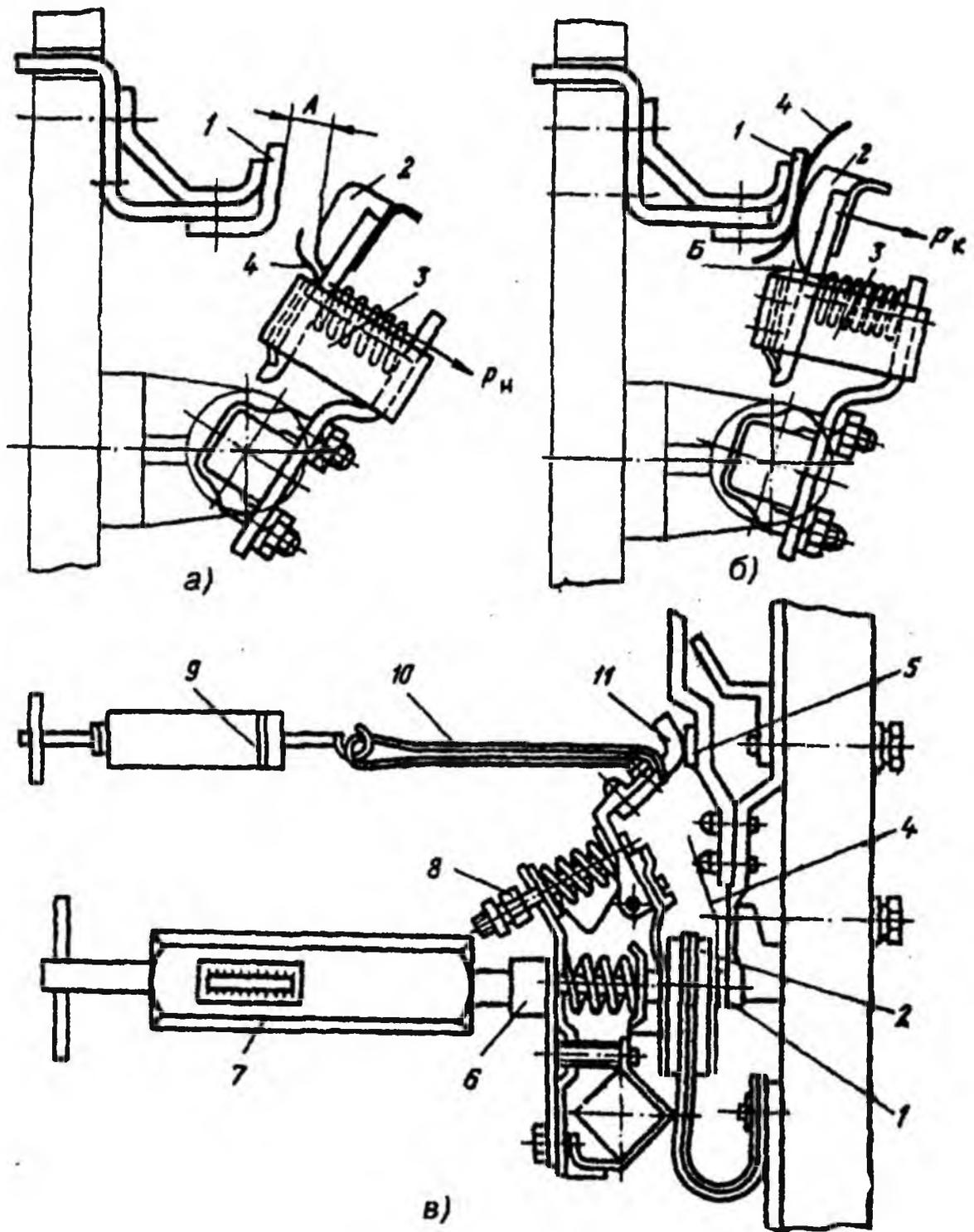


Рис. 20.31. Схемы измерения нажатия контактов:

a — начального P_n ; *б* — конечного P_k ; *в* — конечного в дутогасительных и главных контактах (автомата АВМ); *A* — зазор; *B* — провал; 1 — неподвижный контакт; 2 — подвижный контакт; 3 — контактодержатель; 4 — полоска тонкой прочной бумаги; 5 — неподвижный дутогасительный контакт; 6 — фасонный винт; 7, 9 — динамометры; 8 — винт пружины дутогасительных контактов; 10 — тесьма; 11 — подвижный дутогасительный контакт

тов на равное число оборотов (1 оборот болта равен 1 мм). При проверке расцепителей убеждаются, что упор толкателя находится в зацеплении с кулачком валика (рис. 20.31).

Контрольные вопросы

1. Какие работы выполняют при капитальном ремонте силовых трансформаторов?
2. Как ремонтируют магнитопровод силовых трансформаторов?
3. Какие методы сушки изоляции трансформаторов вы знаете?
4. Как ремонтируют подшипники скольжения?
5. Как производят замену подшипников качения?
6. Как ремонтируют станину электродвигателя?
7. Как ремонтируют якорь электродвигателя?
8. Как ремонтируют аппараты РУ напряжением выше 1000 В?
9. Как ремонтируют аппараты РУ напряжением до 1000 В?

РАЗДЕЛ 5. ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

ГЛАВА 21. ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

§ 87. ОБЪЕМ И НОРМЫ ИСПЫТАНИЙ

Цель испытаний электроустановок — выявление скрытых дефектов узлов и деталей, определить повреждение которых внешним осмотром трудно или просто невозможно. Испытания сокращают количество внезапных отказов и повышают эксплуатационную надежность электроустановок. Электроустановки подвергают профилактическим испытаниям при «ТО», не связанным с выводом оборудования в ремонт, испытаниям при текущем «Т» и капитальном «К» ремонтах.

Электрические машины и аппараты испытывают переменным током частотой 50 Гц путем приложения повышенного напряжения в течение 1 мин (табл. 87). Величину испытательного напряжения $U_{\text{исп}}$ устанавливают в зависимости от номинального напряжения $U_{\text{ном}}$ электроустановки.

Обмотки статоров электродвигателей напряжением до 660 В и мощностью до 40 кВт и изоляцию аппаратов, вторичных цепей и электропроводок напряжением до 1000 В испытывают напряжением 1000 В. Испытания электродвигателей в процессе ремонта проводят после укладки обмотки и пайки схемы; после пропитки и сушки обмоток статоров, фазных роторов; после сборки машины.

При испытаниях проверяют сопротивление изоляции между фазами обмотки; между проводниками обмотки и корпусом; величину сопротивления проводников обмоток постоянному току по фазам в практически холодном состоянии; коэффициент трансформации для двигателей с фазным ротором; потери холостого хода и короткого замыкания. Результаты испытаний двигателя после ремонта заносят в формуляр.

При капитальном ремонте трансформаторов с частичной сменой обмоток испытательное напряжение выбирают в зависимости от того, сопровождалась ли замена части обмоток их снятием с сердечника или нет. Наибольшую величину испытательного напряжения при частичном ремонте принимают равной 90 % напряжения, принятого заводом (табл. 88).

При капитальном ремонте без смены обмоток и изоляции или со сменой изоляции, но без смены обмоток испытательное напря-

жение принимают равным 85 % заводского испытательного напряжения. Значения тангенса угла диэлектрических потерь и отношения C_2/C_{50} для трансформаторов с напряжением обмотки не более 10 кВ приведены ниже:

Температура, °С	10	20	30	40	50	60	70
$\operatorname{tg}\varphi$, %	2,5	3,5	5,5	8,0	11	15	20
C_2/C_{50}	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

Т а б л и ц а 87. Испытательное напряжение частоты 50 Гц для электродвигателей

Испытываемый объект	Мощность электродвигателя, кВт	Номинальное напряжение, В	Испытательное напряжение, В	Примечание
Обмотка ротора синхронных электродвигателей	—	—	1000	—
Обмотка ротора электродвигателя с фазным ротором	—	—	$1,5U_{\text{ном}}$, но не менее 1000 В	$U_{\text{ном}}$ — напряжение на кольцах при размокнутом неподвижном роторе и полном напряжении на статоре
Резистор гашения поля	—	—	2000	Производится для синхронных электродвигателей
Реостаты и пускорегулирующие резисторы	—	—	$1,5U_{\text{ном}}$, но не менее 1000 В	
Обмотка статора	40 и более	400	и 1000	Производится при капитальном ремонте (без смены обмоток) по возможности сразу же после остановки электродвигателя до его очистки от загрязнения
		500	1500	
		660	1700	
		2000	4000	
		3000	5000	
		6000	10 000	
		10 000	16 000	
Менее 40	660	и ниже	1000	Перед вводом электродвигателя в работу производится повторное контрольное испытание мегаомметром на напряжение 1000 В

Примечания 1. Испытание обмотки статора производится для каждой фазы в отдельности относительно корпуса при двух других, соединенных с корпусом. У двигателей, не имеющих выводов каждой фазы в отдельности, допускается производить испытание изоляции всей обмотки относительно корпуса.

2. Испытание обмоток ротора и статора производится на полностью собранном электродвигателе.

Максимальные значения тангенса угла диэлектрических потерь для мастиконаполненных вводов и проходных изоляторов с баке-

литовой изоляцией, а также трансформаторов тока с бакелитовой изоляцией при номинальном напряжении 3—10 кВ и температуре 20°C: после капитального ремонта 3 %, в процессе эксплуатации 12 %.

Средние экспериментальные значения тангенса угла диэлектрических потерь изоляции обмоток трансформаторов при номинальном напряжении испытываемой обмотки не более 10 кВ указаны ниже.

Температура обмотки, °С	10	20	30	40	50	60	70
tgφ, %	4	5,5	7,5	10	14	19	27

Сведения об испытательных напряжениях изоляции оборудования распределительных устройств и аппаратов, вторичных цепей, электропроводок приведены в табл. 89—94.

Т а б л и ц а 88. Заводские испытательные напряжения частотой 50 Гц для обмотки трансформаторов

Объект испытания	Заводские испытательные напряжения, кВ, при номинальном напряжении испытываемой обмотки, кВ			
	менее 3	3	6	10
Силовые трансформаторы, дугогасящие катушки с нормальной изоляцией и выводами, рассчитанными на номинальное напряжение	5	18	25	35
Силовые трансформаторы с облегченной изоляцией, в том числе и сухие трансформаторы	3	10	16	24

П р и м е ч а н и е : При проведении капитального ремонта обмоток или изоляции трансформаторов, автотрансформаторов, масляных реакторов и дугогасящих катушек в процессе эксплуатации испытание повышенным напряжением частотой 50 Гц производится у обмотки 10 кВ и ниже.

Т а б л и ц а 89. Испытательные напряжения частотой 50 Гц

Номинальное напряжение, кВ	Заводское испытательное напряжение, кВ, для оборудования с изоляцией					
	нормальной				облегченной	
	Изоляторы, испытываемые отдельно	Аппараты	Трансформаторы тока	Трансформаторы напряжения	Изоляторы, испытываемые отдельно	Аппараты, трансформаторы тока и напряжения
3	25	24	24	24	14	13
6	32	32	32	32	21	21
10	42	42	42	42	32	32

Т а б л и ц а 90. Периодичность проверок и содержание испытаний измерительных трансформаторов в РУ напряжением выше 1000 В

Операция	Норма	Порядок производства испытания
Полная проверка трансформаторов тока и напряжения	1 раз в 3 года	Проверку производят при ревизии РЗАиТ
Испытание повышенным напряжением частотой 50 Гц изоляции первичных обмоток	Величина испытательных напряжений приведена в табл. 89	Для трансформаторов тока (ТТ) продолжительность испытаний 1 мин, если основная изоляция керамическая, и 5 мин при изоляции из органических масс; для трансформаторов напряжения (ТН) продолжительность испытания 1 мин
То же, но изоляции вторичных обмоток	1 кВ	В течение 1 мин
То же, но изоляции доступных стяжных болтов	1 кВ	Производят только при вскрытии измерительных трансформаторов
Измерение сопротивления изоляции первичных обмоток	Не нормируется	Измеряют мегаомметром на напряжение 2500 В
То же, но вторичных обмоток	Не нормируется, но не ниже 1 МОм (вместе с подсоединенными цепями)	Измеряют мегаомметром на напряжение 1000 В

Т а б л и ц а 91. Масляные выключатели

Операция	Норма	Примечания
<i>При капитальном ремонте</i>		
Измерение сопротивления изоляции: подвижных и направляющих частей, выполненных из органических материалов;	Максимальное сопротивление изоляции 300 МОм при номинальном напряжении до 10 кВ	Измерение производится мегаомметром на напряжение 2500 В или от источника напряжения выпрямленного тока
вторичных цепей, включающей и отключающей катушек	Не менее 1 МОм	Производится мегаомметром на напряжение 1000 В
Испытание изоляции выключателей повышенным напряжением промышленной частоты:	Величины испытательных напряжений приведены в табл. 89	Продолжительность 1 мин

Операция	Норма	Примечания
изоляция вторичных цепей и обмоток включающей и отключающей катушек	1 кВ (см. табл. 94)	1 мин
Измерение сопротивления постоянному току:		
контактов масляных выключателей	Предельные значения сопротивлений приведены в табл. 92. Одновременно сопротивление сравнивается с измеренными на аналогичном оборудовании и других фазах	Если сопротивление контактов возросло по отношению к норме в 1,5 раза, контакты должны быть улучшены
шунтующих сопротивлений дугогасительных устройств	Не должно отличаться от заводских данных более чем на 3 %	
обмоток включающей и отключающей катушек	Принимается согласно заводским данным	

Т а б л и ц а 92. Максимальные значения сопротивления постоянному току контактов масляного выключателя при вводе в эксплуатацию и после капитального ремонта

Выключатель	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Сопротивление, мкОм, не более				
			всей контактной системы фазы выключателя	элементов контактной системы фазы			
МГ-10	10	5000	15	250 (дугогасительные контакты)			
		600	55				
ВМП-10	6—10	1000	40		—		
		1500	30				
ВМГ-133	6—10	600	100		250 (дугогасительные контакты)		
		1000	75				
МГГ-223	20	2000	30			250 (дугогасительные контакты)	
МГГ-10		3000	20				
МГГ-529	20	2000	30				250 (дугогасительные контакты)
МГГ-20		3000	20				
Выключатели всех остальных типов	3—10	200	350	—			
		600	150				
		1000	100				
		2000	75				

Т а б л и ц а 93. Усредненные значения времени движения подвижных частей в масляном выключателе

Выключатель	Привод	Время, с, от подачи импульсов до момента			
		замыкания контактов	остановки подвижных частей	размыкания контактов	остановки подвижных частей
		при включении		при отключении	
МГ-10	МС-31	0,53	0,75	0,12	0,29
МГ-223	ПС-30	0,55	0,65	0,15	0,3
МГГ-20	ПС-31	—	0,65	—	0,2
МГГ-10	ПЭ-2	0,14	0,42	0,11	0,24
ВМП-10	ПС-10	0,2	0,23	0,1	0,18
ВМГ-133					
ВМП-10К	ПЭ-11	0,3	—	0,1	—

Т а б л и ц а 94. Аппараты, вторичные цепи и электропровода напряжением до 1000 В

Вид ремонта	Операция	Норма
К	Проверка действия максимальных, минимальных или независимых расцепителей	Пределы работы расцепителей должны соответствовать заводским данным
	Проверка работы контакторов и автоматов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока	
	Проверка фаз распределительных устройств напряжением до 1000 В и их присоединения	Должно быть совпадение по фазам
	Испытание повышенным напряжением промышленной частоты (в течение 1 мин): изоляции элементов приводов выключателей, разъединителей, короткозамыкателей, отделителей, а также вторичных цепей аппаратов и т. п.	1000 В
К.Т. ТО	силовых кабелей *	1000 В
	изоляции силовых и осветительных электропроводов **	1000 В
	Измерение сопротивления изоляции	Сопротивление изоляции должно быть не менее значений, приведенных в ПТЭ

* Может быть заменено измерением мегаомметром на напряжение 2500 В.

** При отсутствии источника тока промышленной частоты испытание производится мегаомметром на напряжение 2500 В.

§ 88. ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ СТАНЦИИ ЭРЦ

В зависимости от объемов и видов испытаний станции укомплектовывают контрольно-испытательными установками, производительность которых приведена в табл. 95, а время испытаний — в табл. 96.

Наиболее широко распространены установки КИУ-1м, предназначенные для проведения контрольных послеремонтных испытаний асинхронных электродвигателей (мощностью 0,6—4,5 кВт, напряжением 380 или 220 В и 4,5—40 кВт, напряжением 380 В) и сварочных трансформаторов (с силой тока до 500 А, первичным напряжением 380 или 220 В).

Т а б л и ц а 95. Годовая производительность испытательных установок

Установка	Годовая производительность	Количество смен
УПК-1	30 000 деталей	
УПК-2	45 000 »	2
КИУ-1	9000 машин	
КИУ-1М	9000 »	3
КИУ-2	5400 »	
КИУ-3	1500 »	2
КИУ-4	10 000 аппаратов	
КИУ-5	8000 »	1

Примечание. УПК-1 и УПК-2 — установки промежуточного контроля, остальные — контрольно-испытательные.

Т а б л и ц а 96. Продолжительность испытаний электроустановок

Электроустановка	Испытания	Продолжительность, ч
Асинхронные двигатели	Контрольные	0,46
	Контрольные и дополнительные на нагрев, проверку коэффициентов мощности, полезного действия и величину скольжения	1,97
Трансформаторы: сварочные	Контрольные	0,92
	»	0,75
силовые	»	1,9
Низковольтные генераторы постоянного тока	»	
Детали электрических машин на контрольном посту:	Промежуточные	0,17
	»	0,13
Измерительные трансформаторы напряжения и тока	Контрольные	0,42

Электроустановка	Испытания	Продолжительность, ч
Магнитные пускатели и контакторы	Контрольные	0,25
Автоматы	»	1,0
Реле	»	0,2

Технические данные установки КИУ-1м следующие: источник питания — трехфазная электросеть напряжением 380 или 220 В, частотой 50 Гц. Наибольший потребляемый ток пульта управления 150 А, щита обкатки 50 А. Трехфазные испытательные напряжения, подаваемые на испытываемые электроустановки, при питании: а) от индукционного регулятора — от 40 до 680 В при силе тока до 20 А; б) от трансформатора — 500 В при токах до 65 А и 100 В при силе тока до 120 А; в) от сети — 380 В при силе тока до 150 А. Однофазное напряжение для испытания электрической прочности изоляции до 2500 В при частоте 50 Гц. Площадь, занимаемая установкой в рабочем положении — 25 м². Масса установки 2100 кг, обслуживающий персонал 2 человека. Средний расход времени на нагрузочное испытание асинхронного двигателя 90 мин; на остальные испытания асинхронного двигателя (не включая обкатки на холостом ходу, которую производят на отдельном щите одновременно с испытаниями других двигателей) 28 мин; на испытания сварочного трансформатора 55 мин.

§ 89. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ

У силовых трансформаторов сопротивление обмоток постоянному току измеряют методом падения напряжения (с помощью амперметра и вольтметра) или мостовым. Измерения производят при установившейся температуре обмоток, которая должна быть указана в протоколе испытаний. Сила тока в обмотках должна быть не более 20 % номинальной. Обычно сопротивление измеряют при напряжении до 15 В и силе тока 10 А. Источниками тока служат аккумуляторные батареи.

Приборы, применяемые при измерении, имеют класс точности не ниже 0,5. Пределы измерения приборов должны быть выбраны такими, чтобы отсчеты производились по второй половине шкалы. Для исключения ошибок, обусловленных индуктивностью обмоток, сопротивления измеряют только при вполне установившейся силе тока.

Для сравнения измеренных сопротивлений последние приводят к одной и той же температуре по следующей формуле:

$$R_2 = R_1 \frac{235 + t_2}{235 + t_1},$$

где R_2 — сопротивление, приведенное к температуре t_2 ; R_1 — сопротивление, измеренное при температуре t_1 .

Коэффициент трансформации измеряют методом двух вольтметров, один из которых присоединяют к обмотке низшего напряжения, а другой — высшего. Проверку группы соединения обмоток производят одним из следующих методов: а) двумя вольтметрами; б) постоянным током (полярометром); в) фазометром (прямым методом).

Для определения группы соединения обмоток применяют однофазный фазометр, у которого последовательную обмотку присоединяют через реостат к зажимам одной из обмоток трансформатора, а параллельную обмотку — к одноименным зажимам другой обмотки испытуемого трансформатора. К одной из обмоток трансформатора подводят пониженное напряжение, достаточное для работы фазометра. Фазометр показывает угол сдвига между первичным и вторичным направлением, т. е. группу соединений обмоток.

Испытание изоляции стяжных болтов и ярмовых балок у трансформаторов мощностью до 630 кВ · А включительно производится мегаомметром на 1000 В, а у трансформаторов мощностью 1000 кВ · А и выше — от испытательного трансформатора мощностью не менее 1 кВ · А. Испытание проводят приложенным напряжением 2000 В переменного тока.

Силу тока и потери холостого хода измеряют приложением номинального напряжения номинальной частоты практически синусоидальной формы к обмотке низшего напряжения при разомкнутых остальных обмотках. За номинальное напряжение трехфазной системы принимают напряжение, подводимое к крайним фазам А и С. Ток холостого хода трансформатора J_0 определяют как среднее арифметическое значение токов трех фаз:

$$J_0 = \frac{J_{\text{изм}}}{J_{\text{ном}}} \cdot 100 \%$$

Потери холостого хода измеряют при помощи системы двух ваттметров. В процессе эксплуатации потери холостого хода измеряют на пониженном напряжении (5—10 % номинального). Измеренные на пониженном напряжении потери холостого хода приводят к номинальному напряжению по формуле

$$P_0 = P_0' \left(\frac{U_{\text{ном}}}{U'} \right)^n,$$

где P_0 , P_0' — потери холостого хода при номинальном напряжении

$U_{ном}$ и пониженном напряжении U' ; n — показатель степени, зависящий от марки электротехнической стали.

У сварочных трансформаторов контрольным испытаниям и проверкам на испытательной станции в ЭРЦ подвергают каждый отремонтированный трансформатор. При отправке отремонтированного трансформатора персонал ЭРЦ обязан представить протокол его испытаний. Объем и нормы контрольных испытаний трансформаторов должны соответствовать ГОСТ 95—77Е. Измерения всех электрических величин при контрольных испытаниях производят приборами класса точности не ниже 1,5.

Для контрольных испытаний сварочных трансформаторов необходимо следующее оборудование, приспособления и инструмент; испытательный аппарат мощностью 2 кВ · А и напряжением до 2,5 кВ; два вольтметра и амперметр класса точности 1,5; трансформатор тока класса точности 0,5; мегаомметр 500 В класса точности 1,5; балластный реостат (комплект ящиков сопротивления НФ-1) и контактор электромеханический, рассчитанные на максимальный ток трансформатора; преобразователь частоты на 100 Гц провода марки КРПТ необходимой длины и сечения; места для сварки, оборудованные согласно требованиям ПТБ при электросварочных работах. Трансформатор при испытании нагружают на безындукционное сопротивление.

Механическую прочность деталей проверяют путем 10-кратного кратковременного (0,3—0,5 с) короткого замыкания зажимов вторичной обмотки трансформатора электромеханическим контактором, соединенным с зажимами медными проводами общей длиной 5 м и сечением, соответствующим номинальной плотности сварочного тока около 5 А/мм². При испытании регулятор сварочного тока устанавливают в положение, соответствующее максимальному току. Работоспособность трансформатора проверяют включением его на номинальную нагрузку. Отсутствие повреждений и деформаций деталей проверяют путем внешнего осмотра.

Проверку пределов регулирования сварочного тока регулятором и определение сопротивления изоляции при испытаниях производят после работы трансформатора под номинальной нагрузкой в течение 10 мин при температуре окружающего воздуха плюс $20 \pm 5^\circ\text{C}$ и номинальных сварочном и первичном напряжениях. Для контроля напряжений включают в цепь первичной обмотки вольтметр, а в цепь вторичной обмотки — вольтметр, амперметр и балластный реостат.

Пределы регулирования должны соответствовать параметрам, указанным в паспорте или на щитке трансформатора. Одновременно проверяют погрешность шкалы регулятора тока в двух крайних

положениях регулятора и в положении, соответствующем номинальному режиму. Погрешность показаний указателя сварочного тока при номинальном напряжении сети и условном рабочем напряжении не должна быть более $\pm 7,5\%$ от максимального сварочного тока соответствующей шкалы регулятора. При ступенчатом или смешанном регулировании значения силы тока должны соответствовать паспортным данным трансформатора.

Напряжение холостого хода проверяют при настройке трансформатора на максимальный сварочный ток и номинальном первичном напряжении. Сопротивление изоляции обмоток на корпус и между обмотками должно быть не менее 2,5 МОм.

Электрическую прочность изоляции обмоток трансформатора относительно корпуса и между обмотками проверяют синусоидальным напряжением 2500 В при частоте 50 Гц в течение 1 мин. Межвитковую изоляцию обмоток трансформатора проверяют в течение 1 мин, подвергая действию двойного индуктированного напряжения при частоте 100 Гц. При частоте более 100 Гц время испытания (в с) определяют по формуле $t = 60 \frac{100}{f}$, но оно должно быть не менее 20 с.

Контрольные вопросы

1. Зачем испытывают электрические машины, аппараты и электрические сети переменным током промышленной частоты?
2. Как определяют сопротивление контактов постоянному току при вводе аппаратов в эксплуатацию?
3. Что представляет конструктивно контрольно-испытательная установка?
4. Какие методы испытания силовых трансформаторов вы знаете?
5. Каким испытаниям подвергают сварочные трансформаторы после капитального ремонта?

ГЛАВА 22. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

§ 90. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Все работы по эксплуатации электроустановок нужно проводить, строго соблюдая правила технической безопасности. Значения переменного тока (мА) и характер их воздействия на человека приведены ниже.

До 1	Не ощущается
1—8	Ощущения безболезненны. Управление мышцами не утрачено. Возможно самостоятельное освобождение от контакта с частями, находящимися под напряжением
8—15	Ощущения болезненны. Управление мышцами еще не утрачено и возможно самостоятельное освобождение от действия тока
20—50	Возникает фибрилляция сердца, приводящая к смерти. Паралич дыхания
100 и более	Сильные ожоги. Паралич дыхания

Длительность воздействия — один из основных факторов, влияющих на исход поражения, поэтому защиту от поражения электрическим током рассчитывают с учетом данных, приведенных ниже.

Допустимый ток, мА, не более . . .	2	6	50	75	100	250
Длительность воздействия, с . . .	Св. 10	До 10	1,0	0,7	0,5	0,2

Классификация электротехнических защитных средств приведена в табл. 97, расстояние от токоведущих частей до оборудования или стены — в табл. 98. Для электроконструкций напряжением до 1000 В расстояния утечки (по поверхности изоляции) между неподвижно укрепленными голыми, находящимися под напряжением частями разной полярности, а также между ними и неизолированными металлическими частями должны быть не менее 30 мм. Электрические зазоры (расстояния по воздуху) должны быть не менее 15 мм, но их увеличивают до 50 мм между сплошными съемными ограждениями и голыми токопроводящими частями и до 100 мм между ними и сетками или поручнями.

Для осветительных щитков и силовых распределительных шкафов допускают уменьшение расстояний утечки до 20 мм и электрических зазоров до 12 мм (за исключением зазоров до съемных ограждений или дверей). В электроконструкциях напряжением выше 1000 В расстояния утечки не выбирают, так как в качестве твердого электроизоляционного материала в них применяют готовые фарфоровые изоляторы, маркированные на определенное напряжение.

Электрические зазоры для электроконструкций закрытых установок указаны в табл. 99.

Оперативное обслуживание электроустановок. К оперативному обслуживанию электроустановок допускают лиц, знающих эксплуатационные инструкции, особенности оборудования, схемы, прошедших проверку знаний ПТЭ и ТБ и имеющих удостоверение. Оперативное обслуживание может осуществляться одним или несколькими людьми. Персонал, обслуживающий электроустановки

единолично и старшие в смене или бригаде, закрепленные за данной электроустановкой, должны иметь квалификационную группу по ТБ не ниже IV (в установках напряжением выше 1000 В) и III (в установках напряжением до 1000 В).

Т а б л и ц а 97. Классификация электротехнических защитных средств

Тип защитных средств	Наименование защитных средств при напряжении электроустановки, В	
	св. 1000	до 1000
Основные	Оперативные и измерительные штанги, изолирующие и токоизмерительные клещи, указатели напряжения, изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ; изолирующие лестницы, площадки, тяги, щитовые габаритники, изолирующие штанги для установки габаритников, изолирующие звенья телескопической вышки	Диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, указатели напряжения
Дополнительные	Диэлектрические перчатки и боты, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки	Диэлектрические галоши, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки

Т а б л и ц а 98. Расстояние от голых токоведущих частей до стены или оборудования

Напряжение электроустановки	Расстояние, м	
	по одну сторону прохода	по обе стороны прохода
До 500 В при длине щита:		
менее 7 м	1	—
более 7 м	1,2	—
500 В и выше	1,5	2

Т а б л и ц а 99. Электрические зазоры внутри электроконструкций для закрытых установок в зависимости от напряжения между фазами

Характеристика электрического зазора	Зазор, мм, при номинальном напряжении, кВ		
	1—3	6	10
Между токопроводящими частями разных фаз, а также от токопроводящих до заземленных частей	75	100	125
От токопроводящих частей до металлических сплошных дверей или съемных ограждений (за исключением временных ограждений, устанавливаемых при ремонтных работах)	105	130	155
От токопроводящих частей до сетчатых дверей или ограждений (при размере ячейки сетки не более 20 × 20 мм)	175	200	225

П р и м е ч а н и е . Все размеры даны в свету.

Лиц, не имеющих отношения к обслуживанию данной электроустановки и не выполняющих работы по нарядам или распоряжениям, допускают в помещения электроустановок напряжением выше 1000 В с разрешения начальника электроцеха или подстанции в сопровождении и под надзором лица оперативного персонала с квалификационной группой не ниже III или лица административно-технического персонала в должности не ниже мастера, обслуживающего данную установку и имеющего право единоличного осмотра.

При подготовке рабочего места для работ с частичным или полным снятием напряжения должны быть выполнены в указанной ниже последовательности следующие технические мероприятия:

произведено необходимое отключение и приняты меры, препятствующие подаче напряжения к месту работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационной аппаратуры;

присоединены к «земле» переносные заземления; проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, на которые должно быть наложено заземление;

наложено заземление (непосредственно после проверки отсутствия напряжения), т. е. включены заземляющие ножи, или там, где они отсутствуют, наложены переносные заземления;

рабочее место ограждено и вывешены соответствующие плакаты.

§ 91. БЕЗОПАСНЫЕ МЕТОДЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ (КРУ)

В КРУ с оборудованием на выкатываемых тележках запрещают без снятия напряжения с цепи и их заземления проникать в отсеки ячеек, не отделенные сплошными металлическими перегородками от шин или от непосредственно соединенного с ними оборудования. Для работы на отходящих кабелях, электродвигателях и другом оборудовании, непосредственно подключенном к этим кабелям, тележки с выключателями полностью выкатывают, дверцы шкафов или автоматические шторки запирают и на них вывешивают плакат «Не включать — работают люди». Кабели в отсеках КРУ заземляют. В тех случаях, когда заземление накладывают у места работ, накладывать его в отсеках КРУ не обязательно.

В случае работ на кабельных воронках, установленных в отсеках КРУ, тележки с выключателями полностью выкатывают, на дверцах или задней стенке отсека вывешивают плакат «Не включать — работают люди», автоматические шторки запирают на замок, на верхней шторке вывешивают плакат «Стой — высокое напряжение». Для доступа в отсек снимают вертикальную перегородку внутри шкафа или заднюю стенку, на кабелях, по которым возможна подача

напряжения, проверяют его отсутствие и накладывают заземление; в отсеке вывешивают плакат «Работать здесь». При работах на оборудовании КРУ, расположенном на тележках, их полностью выкатывают и на оборудовании размещают плакат «Работать здесь». Во время работ в отсеках плакат «Работать здесь» вывешивается внутри отсека.

Т а б л и ц а 100. Минимальный комплект защитных средств

Электроустановки напряжением			
до 1000 В		выше 1000 В	
Защитные средства	Количество	Защитные средства	Количество
Указатель напряжения	1 шт.	Изолирующая штанга	1 шт. на каждое напряжение
Изолирующие клещи		Указатель напряжения	
Противогаз	Не менее 2 шт.	Изолирующие клещи	Не менее двух пар
Переносные заземления (при отсутствии стационарных заземляющих ножей)		Диэлектрические перчатки	
Диэлектрические галоши		Диэлектрические боты (для открытых распределительных устройств)	
Диэлектрические перчатки	2 пары	Переносные заземления (при отсутствии стационарных заземляющих ножей)	Не менее 2 шт., на каждое напряжение
Диэлектрические коврики	2 шт.	Временные ограждения (щиты)	Не менее 2 шт.
Предупредительные плакаты	Не менее двух комплектов	Предупредительные плакаты	Не менее четырех комплектов
Временные ограждения (щиты и прокладки)		Защитные очки	2 шт.
Монтерский инструмент с изолированными ручками	Одна пара	Противогаз	2 шт.
Защитные очки		—	—

После выкатывания тележки дверцы шкафов запирают и на них вывешивают плакат «Не включать — работают люди». При отсутствии дверц, запирают автоматические шторки и на них вывешивают плакат «Стой — высокое напряжение». При работах на приборах, реле, во вторичных цепях и т. п. без выкатывания тележек с оборудованием на запертых дверцах отсека с оборудованием или на

- рукоятке фиксации тележки выключателя, если дверцы должны быть открыты, вывешивают плакат «Не включать — работают люди», а на месте работ плакат «Работать здесь».

Тележка с выключателем может быть установлена в испытательное положение в следующих случаях:

для опробования выключателя и регулировки привода, проверки релейной защиты присоединения;

при подготовке и сборке схемы после окончания работ и сдачи наряда;

при работах на механической части электродвигателя или на приводимом им в движение механизме.

В этом случае на запертые дверцы шкафа вывешивают плакат «Не включать — работают люди».

Работы в помещениях КРУ выполняют только на выкаченной из шкафа тележке с оборудованием и производят по наряду. Электроустановки напряжением до 1000 В и выше снабжают защитными средствами в необходимом количестве для выполнения всех возможных и данной установке операций как в нормальном режиме, так и во время аварий (табл. 100).

§ 92. БЕЗОПАСНЫЕ МЕТОДЫ РАБОТЫ НА КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТАХ

Перед работой на коммутационных аппаратах с автоматическими приводами и дистанционным управлением с целью предотвращения их ошибочного или случайного включения или отключения необходимо:

снять предохранители на обоих полюсах в цепях оперативного тока и в силовых цепях приводов;

закрыть вентили подачи воздуха в баки выключателей или пневматические приводы и выпустить в атмосферу имеющийся в них воздух; спускные пробки на все время работ должны быть открыты;

опустить в нижнее нерабочее положение груз и деблокировать систему его подъема в грузовых приводах;

повесить на ключах и кнопках дистанционного управления плакат «Не включать — работают люди», на закрытых вентилях — «Не открывать — работают люди»;

запереть на замок вентиль подачи воздуха в баки воздушных выключателей или снять с него штурвал.

Для пробных включений и отключений коммутационного аппарата при его наладке и регулировке допускают при несданном наряде временную подачу напряжения в цепи оперативного тока и силовые цепи привода, сигнализации и подогрева, а также подачу воздуха в привод и на выключатель.

Установка снятых предохранителей, включение отключенных цепей и открытие вентилей при подаче воздуха, а также снятые на время опробования плакатов «Не включать — работают люди» и «Не открывать — работают люди» выполняются оперативным персоналом или по его разрешению исполнителем работ.

Требования безопасности при обслуживании электродвигателей

Выводы обмоток и кабельные воронки у электродвигателей закрывают ограждениями, для снятия которых необходимо отвертывание гаек или вывинчивание винтов. Снимать эти ограждения во время работы электродвигателя запрещается. Вращающиеся части электродвигателей — контактные кольца, шкивы, муфты, вентиляторы — должны быть ограждены.

Операции по отключению и включению электродвигателей напряжением выше 1000 В пусковой аппаратурой с приводами ручного управления должны производиться с применением диэлектрических перчаток и изолирующего основания. Дистанционное включение и отключение выключателей электродвигателей выполняют дежурные электромонтеры.

Уход за щетками, их замену на работающем электродвигателе производит работник оперативного персонала или специально обученный человек с квалификационной группой не ниже III. Работающие должны остерегаться захвата одежды или обтирочного материала вращающимися частями машин.

Запрещается касаться руками одновременно токоведущих частей различной полярности или токоведущих частей и заземленных частей машины. Для этого используют инструмент с изолированными ручками. У работающего двухскоростного электродвигателя неиспользуемая обмотка и питающий ее кабель должны рассматриваться как находящиеся под напряжением.

Работа в цепи пускового реостата вращающегося электродвигателя допускается лишь при поднятых щетках и замкнутом накоротко роторе, а в цепях регулировочного реостата вращающегося электродвигателя она должна рассматриваться как работа под напряжением до 1000 В и производиться с соблюдением мер предосторожности. Кольца ротора шлифуют на вращающемся электродвигателе лишь при помощи колодок из изоляционного материала.

При ремонтных работах без разборки деталей механизма, приводимого в движение электродвигателем, последний должен быть остановлен, а на ключе управления или приводе выключателя вывешен плакат «Не включать — работают люди». Если при работах

на электродвигателе или механизме, приводимом им в движение, ремонтный персонал может иметь соприкосновение с их вращающимися частями, то кроме выключателя отключают также разъединитель, на привод которого вывешивается плакат «Не включать — работают люди», а если электродвигатель питается от ячейки КРУ, тележка с выключателем должна быть выкачена в испытательное положение. В оперативном журнале должна быть сделана запись о том, для каких работ, какого цеха и по чьему требованию остановлен электродвигатель.

Меры безопасности при пропитке и сушке обмоток

Пропиточную камеру оборудуют в соответствии с требованиями техники безопасности для пожароопасных помещений. Вентиляционное устройство камеры должно обеспечивать удаление газов и паров, выделяющихся в процессе пропитки и сушки обмоток. В пропиточных камерах запрещается хранить огнеопасные материалы, зажигать огонь и курить, о чем должны оповещать соответствующие предупредительные плакаты.

При осмотрах сушильной камеры, аппаратов пропитки под давлением, вакуумной сушки и других работах применяют ручные переносные лампы на напряжение 12 В. Понижающий трансформатор для питания ламп помещают вне камеры. В камере должен находиться полный комплект пожарных приспособлений (сухие огнетушители, ящики с песком, совки или лопаты, крючья и багор). Обслуживающий персонал должен быть обеспечен брезентовыми фартуками.

Требования безопасности при такелажных работах

Такелажные работы проводят только с исправными и проверенными подъемными и транспортными приспособлениями (табл. 101). Нельзя пользоваться подъемными и транспортными механизмами меньшей грузоподъемности, чем это требуется. К выполнению такелажных, а также транспортных работ нельзя допускать неквалифицированный и необученный персонал.

При работе с подъемно-транспортными механизмами (кранами, кран-балками, электроталиями и др.) необходимо следить, чтобы груз не переносили над людьми, оповещать сигналом о движении груза, не оставлять груз висящим на крюке дольше, чем это необходимо для выполнения операции.

Т а б л и ц а 101. Нормы и сроки испытаний подъемных механизмов и приспособлений

Наименование механизмов, приспособлений.	Испытательная нагрузка, Н				Продолжительность статических испытаний, мин	Периодичность испытания
	при приемочных испытаниях и после капитального ремонта		при периодических испытаниях			
	статическая	динамическая	статическая	динамическая		
Лебедки ручные						
Тали		$1,1 \cdot P_n$		P_n		1 раз в год
Домкраты	$1,25 P_n$		$1,1 P_n$		10	
Канаты (тросы) стальные						
Канаты пеньковые, хлопчатобумажные, капроновые						
Стропы, скобы, кольца и т. п.		—		—		1 раз в 6 мес.
Предохранительные пояса, страхующие канаты	3000		2250		5	
Монтерские когти	1000		1350			
Лестницы деревянные	1200— 2000		1000— 1800		2	1 раз в год

Примечание. P_n — допустимая рабочая нагрузка, Н

При поднятии груза за рамы последние следует предварительно тщательно осматривать. В местах, где канат касается острых углов или выступов машины, необходимо прокладывать подкладки из мягкого материала.

Требования безопасности при испытании электрической прочности изоляции

При всех операциях и испытаниях должно присутствовать не менее двух человек. Для высоковольтных испытаний необходимо иметь специальное помещение (камеру) или участок цеха, ограниченный постоянным сетчатым ограждением с запирающимися дверями. На участок высоковольтных испытаний допускают лишь лиц, имеющих на это специальное разрешение. Пол должен быть покрыт электроизоляционным материалом или резиновыми ковриками (дорожками). Все испытания можно проводить только в резиновых перчатках и галошах. На распределительном щите необходимо иметь автоматическую защиту и сигнальные приборы, оповещающие о

нахождении установки под напряжением. Такой же световой сигнал (красный) должен быть установлен над дверью камеры.

При испытании электрической прочности изоляции в цеху переносной высоковольтной установкой необходимо строго соблюдать все требования техники безопасности, а именно: ограждать места испытаний; дежурить около места работ (чтобы не допускать к месту испытания посторонних лиц); вывешивать предупредительные знаки; проводить испытания могут только специально допущенные к работе с высоковольтными установками лица; применять основные защитные средства — резиновые перчатки, галоши, коврики или дорожки.

Для измерения сопротивления изоляции и коэффициента абсорбции электрооборудования широко применяют мегаомметры. Выбор типа мегаомметра зависит от параметров измеряемого электрооборудования и производится как по предельному измерению, так и по напряжению. Присоединение мегаомметра к испытываемому объекту выполняют гибкими проводами (марки ПРГ), имеющими на концах щупы с изолированными рукоятками и ограничительным кольцом по технике безопасности. Испытуемый объект перед началом работы отключают от сети и принимают меры, исключающие возможность подачи сетевого напряжения при испытании.

По окончании измерения сопротивления изоляции каждой электрически независимой цепи необходимо разряжать ее на заземленный корпус машины. При этом для обмоток на номинальное напряжение 3000 В и выше продолжительность разряда должна быть для машин мощностью до 1000 кВт (или 1000 кВ · А) не менее 15 с и для машин мощностью более 1000 кВт (или 10 000 кВ · А) — не менее 1 мин. В практике время разряда принимают 2—3 мин. По окончании измерения сопротивления изоляции всех обмоток машины нужно повторно проверить исправность мегаомметра.

Сопротивление изоляции зависит от температуры обмотки, и с увеличением температуры оно резко уменьшается. Можно считать, что сопротивление изоляции меняется примерно в 2 раза за каждые 20°С изменения температуры.

Опыт наладки новых электрических машин, вводимых в эксплуатацию, показал, что сопротивление изоляции, измеренное при температуре около 20°С, находится в пределах 5—100 МОм.

Для обмоток электродвигателей переменного тока допустимые значения сопротивления изоляции, МОм, при рабочей температуре электрической машины около 70°С определяют по формуле

$$R_{из} \geq \frac{U_{ном}}{1000 + 0,01 S_{ном}},$$

где $U_{ном}$ — номинальное напряжение обмотки электродвигателя, В;

$S_{\text{ном}}$ — номинальная мощность машины, кВ · А (для машин постоянного тока, кВт).

Сопротивление изоляции электрических машин не нормируется, но должно быть не ниже 0,5 МОм при температуре 10—30°C для новых машин напряжением 2 кВ и выше или мощностью более 1000 кВт, а для машин, бывших в эксплуатации, 0,2 МОм.

О качестве состояния изоляции машин судят не только по абсолютному значению сопротивления изоляции, но и по характеру изменений сопротивления изоляции во времени, т. е. по снятым кривым абсорбции, которые представляют собой зависимость сопротивления изоляции от времени приложения выпрямленного напряжения в процессе измерений, обусловленному изменением тока абсорбции.

Физический смысл тока абсорбции состоит в явлении постепенной внутренней поляризации слоистых диэлектриков, которые применяют для выполнения изоляции электрических машин и трансформаторов, при длительном приложении к ним выпрямленного напряжения. С увеличением заряда ток абсорбции в слоистом диэлектрике снижается, а сопротивление изоляции увеличивается.

С целью выявления сосредоточенных дефектов изоляции электроустановки подвергают через определенные сроки, указанные в ПТЭ, испытаниям повышенным напряжением промышленной частоты. Это позволяет выявить трещины, изломы, расслоения, воздушные пузырьки на изоляции и т. п., не обнаруживаемые при осмотре. Испытание изоляции обмоток электрических машин мощностью до 1000 кВт производится испытательным напряжением 1000 В плюс двукратное номинальное напряжение при температурном состоянии, близком к рабочему. Испытательное напряжение поднимают постепенно или ступенями 5 % его окончательного значения (рис. 22.1). Испытания начинают от напряжения, близкого к номинальному, и за 10 сек. поднимают до испытательного. Полное испытательное напряжение выдерживают 1 мин и плавно снижают до 1/3 его значения, а затем полностью отключают. Изоляция считается нормальной, если не произошло ее пробоя.

Для испытания изоляции обмоток машин на электрическую прочность в настоящее время применяют аппараты высокого напряжения:

1. Аппарат типа АИИ-70 предназначен для испытания электрической прочности изоляции элементов электроустановок переменным или постоянным током высокого напряжения.

Прежде чем приступить к испытаниям аппаратом АИИ-70, необходимо заземлить заземляющую штангу, трансформатор высокого напряжения и кенотронную приставку медным проводом сечением не менее 4 мм².

Переключения на стороне высокого и низкого напряжения

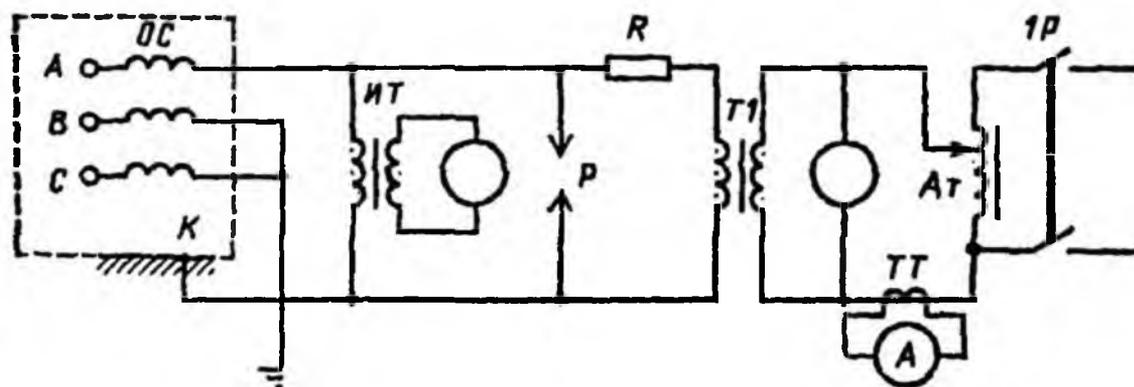


Рис. 22.1. Схема испытания изоляции обмоток электрических машин повышенным напряжением переменного тока промышленной частоты:

OC — обмотка статора; ИТ — измерительный трансформатор; Т — испытательный трансформатор; Ат — регулировочный автотрансформатор; Р — разрядник; R — токоограничивающий резистор 25—50 кОм; А — измерительный прибор; ТТ — трансформатор тока; К — корпус аппарата, изоляция которого испытывается

аппарата производят после отключения аппарата от сети при надежном заземлении высоковольтных частей. Все испытания высоким напряжением производят стоя на резиновом коврике, в

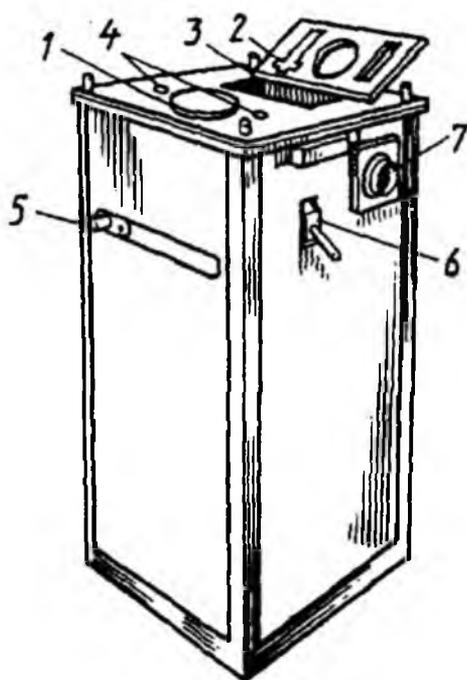


Рис. 22.2. Внешний вид маслопробойного аппарата АМИ-60:

1 — киловольтметр; 2 — дверные контакты; 3 — отверстие для установки сосуда; 4 — сигнальные лампы; 5 — рукоятка регулирующего трансформатора; 6 — автоматический выключатель; 7 — отверстие для кабеля

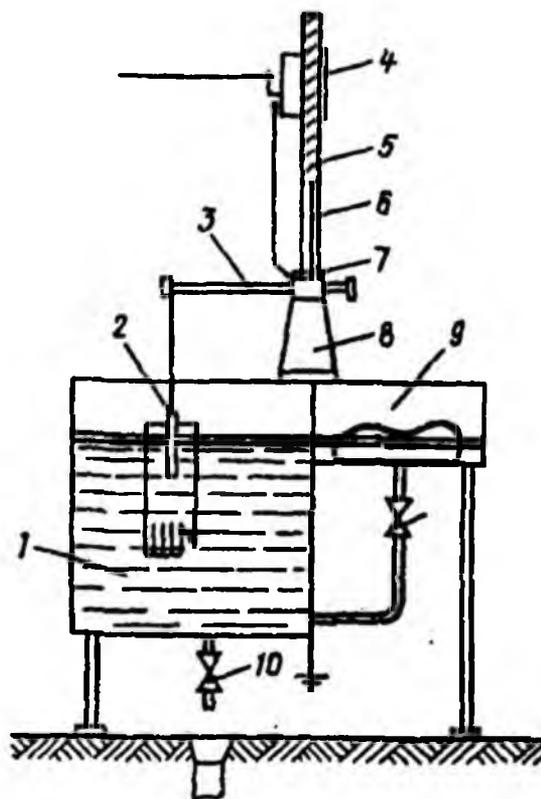


Рис. 22.3. Ванна для испытания бот, галош, перчаток:

1 — отсек для испытания перчаток и бот; 2 — зажим-электрод; 3 — перекидной шинопровод; 4 — миллиамперметр; 5 — плита; 6 — рама; 7 — изоляционная планка; 8 — изоляторы; 9 — отсек для испытания галош; 10 — кран

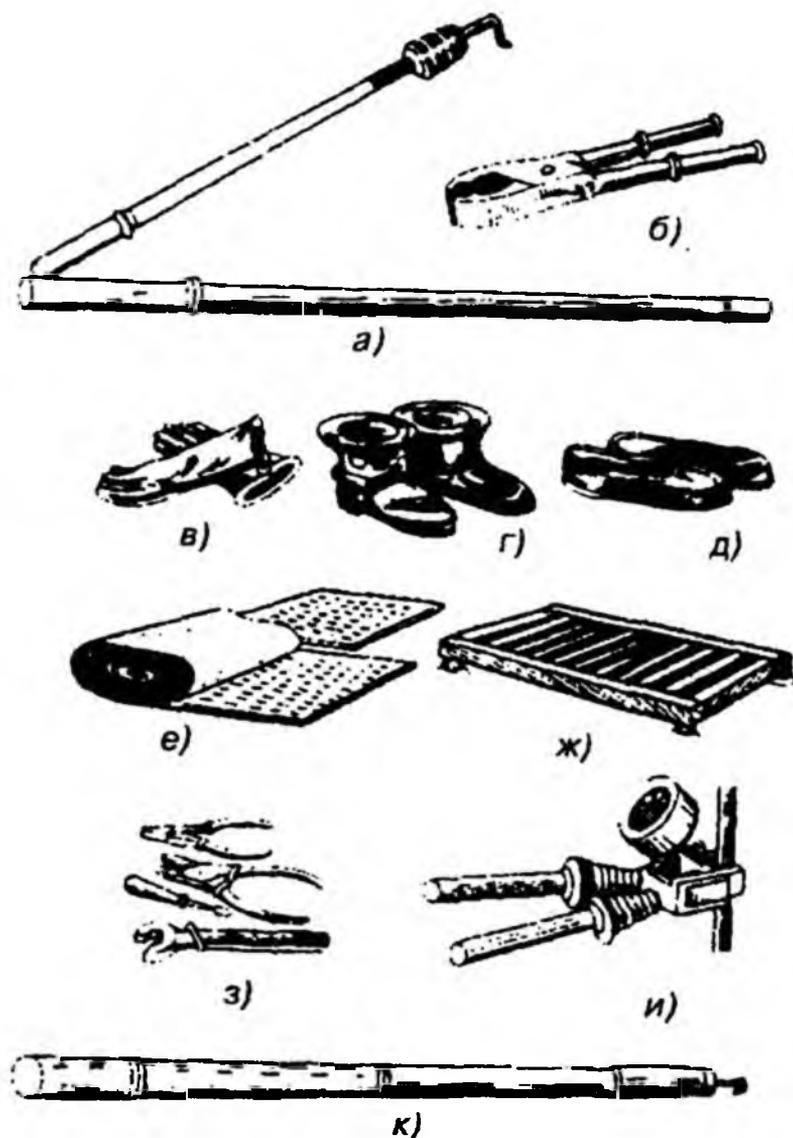


Рис. 22.4. Защитные средства:

a — штанга; *б* — клещи; *в* — диэлектрические перчатки; *г* — боты; *д* — галоши; *е* — коврики и дорожки резиновые; *ж* — подставки; *з* — монтерские инструменты с изолированными ручками; *и* — токоизмерительные клещи; *к* — указатель напряжения

резиновых перчатках. Место испытания вместе с объектом испытания должно быть огорожено, должны быть вывешены предупреждающие плакаты по технике безопасности.

В настоящее время нашей промышленностью освоен выпуск аппаратов типа АИИ-80, которые отличаются от АИИ-70 тем, что обеспечивают возможность получения переменного испытательного напряжения до 80 кВ, и его плавное регулирование.

2. Аппарат типа АКИ-50 предназначен для испытания изоляции высокого напряжения электрооборудования выпрямленным напряжением.

3. Аппарат АМИ-60 (рис. 22.2) предназначен для определения электрической прочности жидких диэлектриков на переменном токе и может быть использован для испытания повышенным на-

пряжением подстанционной аппаратуры, а при наличии выпрямительной приставки — и для испытания выпрямленным напряжением изоляции электрических машин.

Часть защитных средств можно быстро и надежно испытать с помощью установки, изображенной на рис. 22.3. Металлическая ванна с двумя отсеками 1; 9 позволяет одновременно испытывать шесть единиц защитных средств. Токи утечки контролируются миллиамперметрами 4 со шкалой 0—20 мА, смонтированными над ванной.

При эксплуатации электроустановок широко используются защитные средства, приведенные на рис. 22.4.

Контрольные вопросы

1. Как влияет на организм величина и время прохождения тока через тело человека?
2. Какие организационные мероприятия по ТБ применяют при обслуживании электроустановок?
3. Какие технические мероприятия по ТЮ применяют при обслуживании электроустановок?
4. Какие требования безопасности выполняют при обслуживании КТП?
5. Какие меры безопасности применяют при обслуживании электродвигателей?
6. Какие аппараты используют для испытания изоляции электрических машин, сетей и аппаратов?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев А.Г.* Экономика, организация и планирование производства электромонтажных работ. М., 1983.
2. *Бредихин А.Н., Хачатрян С.С.* Справочник молодого электромонтажника распределительных устройств и подстанций. М., 1989.
3. *Гусев Ю.Н., Ушаков В.П., Чесноков Н.М.* Средства и устройства безопасности для работ в электроустановках. М., 1988.
4. *Живов М.С.* Справочник молодого электромонтажника. 3-е изд. М., 1990.
5. Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений (СНиП 11.01.95). М., 1995.
6. *Каминский М.Л.* Электрические машины. М., 1990.
7. *Каминский М.Л., Антонов А.И., Кожемякин В.А., Благов В.Л.* Монтаж электрических машин на бетонных фундаментах без устройства анкерных колодцев. Монтажные и специальные строительные работы. Науч.-техн. реф. сб. Сер. II. Монтаж и наладка электрооборудования. 1982. Вып. II. С. 6—9.
8. *Коптев А.А.* Кабельные сети. М., 1990.
9. *Корнилович О.П.* Техника безопасности при электромонтажных и наладочных работах. 2-е изд. М., 1987.
10. *Крупович В.И. и др.* Проектирование и монтаж промышленных электрических сетей. М., 1971.
11. Правила устройства электроустановок. 6-е изд., перераб. и доп. М., 1998.
12. Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями. М., 1986.
13. Нормативные документы в строительстве (СНиП 1.01.01—82, СНиП 1.01.83, СНиП 1.01.03—83) М., 1983.
14. Система нормативных документов в строительстве СНиП 11-01—95, СП 11-101—95. М., 1995.
15. *Соколов Б.А., Соколова Н.Б.* Монтаж электрических установок. 3-е изд., М., 1991.
16. *Сибикин Ю.Д., Яшков В.А.* Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электроустановок предприятий нефтяной промышленности. М., 1985.
17. *Сибикин Ю.Д.* Безопасность труда электромонтера по обслуживанию электрооборудования. М., 1992.
18. Электротехнические устройства (СНиП 3.05.06—85). М., 1986.
19. *Сибикин Ю.Д.* Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. М.: Академия, 2000.
20. *Сибикин Ю.Д. и др.* Технология электромонтажных работ. М., 1999.
21. *Малахов М.В. и др.* Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт промышленных роботов. М., 1989.
22. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. г. Спас-Клепики, 2001.
23. Правила применения и испытания средств защиты в электроустановках, технические требования к ним. М., 1993.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
РАЗДЕЛ 1. МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СЕТЕЙ	4
<i>Глава 1. Общие сведения</i>	4
§ 1. Роль электрификации в развитии России	4
§ 2. Нормативные документы электромонтажника	6
§ 3. Классификация помещений и электроустановок	7
§ 4. Рабочая документация электромонтажника	12
§ 5. Буквенные и графические обозначения в электрических схемах	14
§ 6. Индустриализация электромонтажных работ	28
§ 7. Проект подготовки и производства электромонтажных работ (ППР)	30
§ 8. Организация рабочих мест электромонтажников	33
§ 9. Сведения об электромонтажных изделиях	35
§ 10. Инструмент, приспособления и механизмы, используемые электромонтажниками	41
<i>Глава 2. Технологические приемы получения контактных соединений</i>	49
§ 11. Технология контактных соединений электросваркой	49
§ 12. Технология контактных соединений термитной и пропано-кислородной сваркой	54
§ 13. Соединения стальных заземляющих проводников	57
§ 14. Технология соединения пластмассовых оболочек кабелей	57
§ 15. Технология контактных соединений опрессованием	58
§ 16. Технология контактных соединений пайкой	63
<i>Глава 3. Технология монтажа устройств заземления и защиты</i>	66
§ 17. Заземление и защитные меры безопасности	66
§ 18. Технология выполнения работ по устройству заземления	72
<i>Глава 4. Технология монтажа электропроводок</i>	77
§ 19. Виды электропроводок	77
§ 20. Технология монтажа открытых электропроводок	80
§ 21. Технология монтажа скрытых электропроводок	89
§ 22. Технология монтажа электропроводок на лотках и в коробах	91
§ 23. Технология монтажа электропроводок в трубах	94
<i>Глава 5. Технология монтажа установок электрического освещения</i>	102
§ 24. Электрические источники света	102
§ 25. Осветительная арматура	106
§ 26. Технология монтажа светильников общего применения	108
§ 27. Технология монтажа взрывозащищенных светильников	112
§ 28. Технология монтажа электроустановочных устройств	115
<i>Глава 6. Технология монтажа распределительных устройств напряжением до 1 кВ</i>	117
§ 29. Общие требования к установке приборов, аппаратов, конструкций распределительных устройств, прокладке шин, проводов и кабелей	117
§ 30. Технология монтажа аппаратов и распределительных устройств в электропомещениях, производственных помещениях и на открытом воздухе	130
	459

§ 31. Технология монтажа шинопроводов напряжением до 1 кВ	136
Глава 7. Технология монтажа кабельных линий	142
§ 32. Классификация кабелей и кабельных сетей по конструктивным признакам	142
§ 33. Технология монтажа кабельных линий	151
§ 34. Технология разделки концов кабелей	161
§ 35. Технология монтажа соединительных муфт на кабелях напряжением до 10 кВ	169
§ 36. Технология монтажа концевых муфт наружной установки на кабелях напряжением до 10 кВ	172
§ 37. Технология монтажа концевых муфт и заделок внутренней установки на кабелях напряжением до 10 кВ	176
Глава 8. Технология монтажа воздушных линий электропередачи	182
§ 38. Воздушные линии электропередачи напряжением до 10 кВ	182
§ 39. Технология монтажа линий электропередачи напряжением до 1 кВ	186
§ 40. Технология монтажа линий электропередачи напряжением до 10 кВ	190
Глава 9. Технология монтажа распределительных устройств напряжением выше 1 кВ	194
§ 41. Оборудование комплектных распределительных устройств внутренней установки	194
§ 42. Комплектные распределительные устройства наружной установки	199
§ 43. Технология монтажа комплектных распределительных устройств внутренней установки	201
§ 44. Технология монтажа комплектных распределительных устройств наружной установки (КРУН)	204
§ 45. Технология монтажа вторичных цепей	207
Глава 10. Технология монтажа комплектных трансформаторных подстанций	212
§ 46. Комплектные трансформаторные подстанции внутренней установки	212
§ 47. Комплектные трансформаторные подстанции наружной установки	213
§ 48. Технология монтажа комплектных трансформаторных подстанций	214
Глава 11. Технология монтажа оборудования открытых распределительных устройств и подстанций на напряжение до 110 кВ	219
§ 49. Оборудование открытых распределительных устройств и подстанций	219
§ 50. Технология монтажа оборудования открытых распределительных устройств и подстанций	225
Глава 12. Технология монтажа электрических машин	238
§ 51. Электрические машины	238
§ 52. Технология монтажа электрических машин, прибывающих с заводов-изготовителей в собранном виде	244
§ 53. Технология монтажа электрических машин, прибывающих с заводов-изготовителей в разобранном виде	253
§ 54. Технология монтажа взрывозащищенных электродвигателей	258
Глава 13. Технология монтажа конденсаторных установок	263
§ 55. Общие сведения о конденсаторных установках и схемах их соединения	263
§ 56. Защита и монтаж конденсаторных установок	266

РАЗДЕЛ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ . . .	269
<i>Глава 14. Структура эксплуатационного обслуживания электроустановок . . .</i>	<i>269</i>
§ 57. Общие сведения о правилах устройства и технической эксплуатации электроустановок	269
§ 58. Система планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта (ППТОР)	274
§ 59. Формы эксплуатации электроустановок и типовые структуры отдела Главного энергетика	278
<i>Глава 15. Организация технического обслуживания электроустановок</i>	<i>282</i>
§ 60. Задачи и ответственность электротехнического персонала	282
§ 61. Квалификационная характеристика электромонтеров	286
§ 62. Обучение персонала	287
§ 63. Обязанности и виды работ, выполняемых электромонтером	290
§ 64. Организация рабочего места дежурного электромонтера	296
§ 65. Научная организация труда электромонтера	298
§ 66. Техническая документация электрохозяйства	302
§ 67. Средства электрических измерений и методы контроля температуры электроустановок	303
РАЗДЕЛ 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК	313
<i>Глава 16. Техническое обслуживание электрических сетей</i>	<i>313</i>
§ 68. Обслуживание воздушных линий напряжением до 1000 В	313
§ 69. Обслуживание воздушных линий напряжением до 10 кВ	315
§ 70. Обслуживание цеховых электрических сетей напряжением до 1000 В	317
§ 71. Обслуживание кабельных линий	319
<i>Глава 17. Техническое обслуживание электроустановок общепромышленного применения</i>	<i>325</i>
§ 72. Обслуживание электрических машин	325
§ 73. Обслуживание силовых трансформаторов и КТП	343
§ 74. Обслуживание распределительных устройств напряжением выше 1000 В	350
§ 75. Обслуживание распределительных устройств напряжением до 1000 В	352
§ 76. Обслуживание релейной защиты, электроавтоматики, телемеханики и вторичных цепей РЗАиТ	356
<i>Глава 18. Техническое обслуживание электроустановок специального назначения</i>	<i>358</i>
§ 77. Обслуживание электроосветительных установок	358
§ 78. Обслуживание конденсаторных установок	362
§ 79. Обслуживание электроизмерительных приборов	364
РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	367
<i>Глава 19. Ремонт электрических сетей</i>	<i>367</i>
§ 80. Ремонт воздушных линий электропередач напряжением выше 1000 В	367
§ 81. Ремонт воздушных линий электропередач напряжением до 1000 В	372
§ 82. Ремонт кабельных линий	374
	461

<i>Глава 20. Ремонт электрооборудования и установок</i>	382
§ 83. Ремонт силовых трансформаторов	382
§ 84. Ремонт электрических машин	390
§ 85. Ремонт электрических аппаратов РУ и установок напряжением выше 1000 В	415
§ 86. Ремонт электрической аппаратуры РУ и установок напряжением до 1000 В	427
РАЗДЕЛ 5. ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК И ТЕХНИКА БЕЗ- ОПАСНОСТИ	434
<i>Глава 21. Испытание электроустановок</i>	434
§ 87. Объем и нормы испытаний	434
§ 88. Испытательные станции ЭРЦ	440
§ 89. Методы испытаний трансформаторов	441
<i>Глава 22. Основные правила техники безопасности</i>	444
§ 90. Общие положения по технике безопасности	444
§ 91. Безопасные методы обслуживания комплектных распределитель- ных устройств (КРУ)	447
§ 92. Безопасные методы работы на коммутационных аппаратах	449
<i>Рекомендуемая литература</i>	458

Учебное издание

**Сябникин Юрий Дмитриевич,
Сябникин Михаил Юрьевич**

**МОНТАЖ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
И УСТАНОВОК**

Редактор *Л.А. Савина*
Художник *А.А. Евдокимова*
Художественный редактор *З.Е. Анфиногенова*
Технический редактор *Н.В. Быкова*
Компьютерная верстка *С.Н. Луговая*
Корректор *О.Н. Шебашова*
Оператор *М.Н. Паскарь*

Лицензия ИД № 06236 от 09.11.01.

Изд. № НП-30. Сдано в набор 11.12.01. Подп. в печать 20.09.02.
Формат 60 x 88¹/16. Бум. офсетн. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.
Объем 28,42 усл. печ. л. 28,92 усл.-кр. отт. 28,83 уч.-изд. л.
Тираж 6 000 экз. Зак. № 2363.

ФГУП «Издательство «Высшая школа»,
127994, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., 29/14.
Тел.: (095) 200-04-56
E-mail: info@v-shkola.ru <http://www.v-shkola.ru>

Отдел реализации: (095) 200-07-69, 200-59-39, факс: (095) 200-03-01.
E-mail: sales@v-shkola.ru

Отдел «Книга-почтой»: (095) 200-33-36. E-mail: bookpost@v-shkola.ru

Набрано на персональных компьютерах издательства.

Отпечатано в ФГУП ордена «Знак Почета»
Смоленской областной типографии им. В.И. Смирнова.
214000, г. Смоленск, пр-т им. Ю. Гагарина, 2.