

ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ

---



# **СПРАВОЧНИК**

**МОЛОДОГО  
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА  
ПО РЕМОНТУ  
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ**

В. А. СЕМЕНОВ

**СПРАВОЧНИК**  
**МОЛОДОГО ЭЛЕКТРОМОНТЕРА**  
**ПО РЕМОНТУ**  
**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**  
**ПРОМЫШЛЕННЫХ**  
**ПРЕДПРИЯТИЙ**



Москва «Высшая школа» 1982

ББК 31.26  
С30  
УДК 621.313

Рецензент инж. А. С. Кокорев (завод «Дзержинец»)

Справочник рекомендован к изданию Госкомитетом СССР по профессионально-техническому образованию и предназначен для учащихся и инженерно-педагогических работников учебных заведений профтехобразования, подготавливающих молодых рабочих электротехнических профессий.

Со всеми предложениями и замечаниями просим обращаться по адресу: Москва, 101430, Неглинная ул., 29/14, издательство «Высшая школа».

### Семенов В. А.

С30 Справочник молодого электромонтера по ремонту электрооборудования промышленных предприятий. — М.: Высш. школа, 1982. — 160 с., ил. — (Профтехобразование. Энергетика).

45 к.

В книге приведены справочные сведения и характеристики основного электрооборудования — электрических машин, масляных силовых трансформаторов, а также материалов, изделий, механизмов и инструментов, применяемых при ремонте.

Даны нормы пооперационных и послеремонтных испытаний, различные нормативные материалы, относящиеся к технологии ремонта электрооборудования.

С  $\frac{2302030000-202}{052(01)-82}$  39—82

ББК 31.26  
6П2.1.081

© Издательство «Высшая школа», 1982

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Масштабы и темпы развития всех отраслей народного хозяйства нашей страны, определенные решениями XXVI съезда КПСС, требуют возрастающего внедрения электрической энергии во все сферы производства.

Бурно растет парк действующего электрооборудования и вместе с ним потребность в его ремонте. Кроме того, электрооборудование, длительное время находящееся в работе, параметры которого уже не отвечают требованиям современных стандартов, также необходимо подвергать реконструкции и ремонту или заменять новым.

В настоящей книге приведены сведения о ремонте электрических машин мощностью до 100 кВт, трансформаторах, технологии, организации производства, планировании, нормах и способах ремонтных работ.

Состав и объем справочных сведений подобран с учетом требований учебной программы для подготовки электромонтеров по ремонту электрооборудования промышленных предприятий.

Книга является дополнением к учебным пособиям по курсу спецтехнологии при подготовке молодых электромонтеров по ремонту промышленного электрооборудования в средних профессионально-технических и технических училищах.

# Глава I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

## 1. Система плано-предупредительного ремонта

Ремонт электрооборудования производится в соответствии с принятой системой плано-предупредительного ремонта (ППР). Задачи ППР — обеспечение поддержания электрооборудования в надежном эксплуатационном состоянии.

Сущность системы ППР заключается в том, что каждая электрическая машина, трансформатор и вся пускорегулирующая и измерительная аппаратура через определенные сроки подвергаются профилактическим осмотрам и различным видам ремонта, предусмотренного планом. Сроки между осмотрами и ремонтом электрооборудования устанавливаются заводом-изготовителем, действующими «Правилами технической эксплуатации электрических установок потребителей» и местными инструкциями.

Периодичность ремонтов позволяет наиболее правильно планировать и организовывать ремонтные работы, а также увязывать их выполнение с работой предприятия, загрузкой ремонтного персонала и наличием необходимых материалов и резервного оборудования. Широкое внедрение ППР обеспечивает применение передовой поточной технологии, специальных машин и оборудования высокой производительности, надежности и качество выпускаемой продукции.

Система ППР предусматривает два метода ремонта электрооборудования — принудительный и послеосмотровый. Принудительный метод заключается в том, что через определенные периоды времени электрооборудование в обязательном порядке подвергается капитальному или текущему ремонту. При послеосмотровом методе капитальные ремонты планируют после осмотра электрооборудования в момент текущего ремонта или очередной ревизии.

Таблица 1. Межремонтный период работы электрооборудования при двухсменной работе

Электрооборудование	Межремонтный период, мес, между ремонтами	
	капитальными	текущими
Электродвигатели переменного и постоянного тока мощностью до 100 кВт, работающие в помещениях:		
с нормальной средой	60	10
с загрязненной средой (влажной, пыльной, химически агрессивной, взрывоопасной)	24	8
Трансформаторы силовые мощностью до 2500 кВ·А:		
герметичные	144	36
негерметичные	96	36

Электрооборудование	Межремонтный период, мес, между ремонтами	
	капитальными	текущими
Трансформаторы тока и напряжения, разъединители, предохранители и разрядники, камеры комплектных распределительных устройств КРУ и КСО на напряжение 6—10 кВ	36	12
Автоматические выключатели на ток до 1000 А с рычажным и электромагнитным приводами	72	12
Контакты переменного и постоянного тока на ток до 600 А	84	6
Магнитные пускатели для электродвигателей мощностью до 75 кВт	60	6
Переключатели на ток до 600 А	72	12
Распределительные силовые пункты	120	12
Токопроводы напряжением 0,4 кВ для тока до 600 А	180	—
Электросварочное оборудование для дуговой сварки	24	6
Электросварочное оборудование для контактной сварки	36	6
Грузоподъемные магниты	36	6
Конденсаторные установки напряжением до 10,5 кВ	48	6
Электрокары	24	12

Ремонты электрооборудования планируют, исходя из межремонтных периодов, ремонтных циклов и их структуры.

Межремонтный период — это продолжительность работы электрооборудования между двумя очередными плановыми ремонтами (табл. 1).

Ремонтный цикл — это период времени между двумя капитальными ремонтами или с момента ввода в эксплуатацию электрооборудования до первого капитального ремонта

Структура ремонтного цикла — это последовательность выполнения различных видов ремонтных работ в пределах одного ремонтного цикла.

## 2. Нормы расхода материалов и запасных частей

Расход материалов и запасных частей на ремонт электрооборудования строго нормируется. Нормы расхода утверждаются вышестоящей организацией. В соответствии с нормами планируется снабжение электроремонтного предприятия или электроремонтного цеха материалами и запасными частями.

Годовую потребность материалов на ремонт электрооборудования определяют, исходя из объема работ, предусмотренных годовым планом ремонта. Нормы расхода материалов на ремонт электрооборудования и трансформаторов, хранения запасных частей на складе приведены в табл. 2, 3, 4.

В номенклатуру запасных частей входят все быстро изнашивающиеся части и детали, срок службы которых не превышает межремонтный период, сменные детали электрооборудования, лимитирующие производство, и крепежные детали, необходимые для ремонта.

**Таблица 2. Нормы расхода материалов на ремонт электрооборудования**

Электротехнические материалы	Единица измерения	Расход на 100 кВт установленной мощности
<i>Изоляционные материалы</i>		
Микалентная бумага	м	0,06
Киперная лента	»	412
Тафтяная лента	»	4,3
Хлопчатобумажная лакоткань	»	7
Хлопчатобумажная ткань	»	0,1
Линоксиповая трубка	»	23,5
Гибкий миканит	кг	0,06
Прессшпан	»	0,7
Листовой гетинакс	»	1,4
Текстолит	»	1,2
Фибра	»	0,2
Эбонит	»	0,4
Изоляционная лента	»	1,4
Изоляционный картон	»	0,1
Маслостойкая резина	»	0,6
Асбестовый шнур	»	0,1
Асбестовое волокно	»	0,4
Полвинилхлоридная трубка	»	0,3
Фторопластовая пленка	»	0,4
Бумага для склейки электростали	»	0,7
Кабельная масса	»	3
<i>Цветные металлы и сплавы</i>		
Бронза	кг	4
Баббиты	»	3,7
Серебро	»	13
Бронзовая лента	»	4
Свинец	»	0,14
Медный прокат	»	7,5
Медная лента	»	100
Медные шины	»	0,05
Латунный прокат	»	70
Прутковая латунь	»	0,03

Продолжение табл. 2

Электротехнические материалы	Единица измерения	Расход на 100 кВт установленной мощности
Оловянно-свинцовый припой	кг	1,6
Медно-фосфористый припой	»	0,12
Полосовая латунь	»	0,05
<i>Кабельные изделия</i>		
Обмоточная медь	кг	40
Установочный провод	м	100
Медный голый провод	кг	0,03
Алюминиевый оплетенный провод	»	2
Эмалированный провод	»	0,07
Бронированный кабель	м	0,13
Контрольный кабель	»	0,13
Провод в пластмассовой изоляции	кг	30
Провод ШРПС	»	20
<i>Лаки и эмали</i>		
Электронизоляционный лак	кг	30
Битумно-масляный лак	»	3,3
Бакелитовый лак	»	6
Пропиточный лак	»	5
Изоляционная эмаль	»	4
<i>Вспомогательные материалы</i>		
Канифоль	кг	0,8
Трансформаторное масло	»	15,4
Бензин	»	0,3
Ксерсин	»	13
Спирт ректификат	»	6
Кислород	м <sup>3</sup>	200
Карбид кальция	кг	70
Наждачная бумага	лнст	100
Ветошь и концы	кг	0,8
<i>Изделия</i>		
Шарикоподшипники	шт.	48
Угольные электродетки	»	100
Разные выключатели	»	1
Разные предохранители	»	1—3
Электrolампы	»	8
Разные патроны	»	1

Примечание. Расход материалов на ремонт электрооборудования подсчитан укрупненно по средним нормам на 100 кВт установленной мощности электродвигателей предприятия без учета силовых трансформаторов.

Таблица 3. Нормы расхода материалов на капитальный ремонт трансформаторов

Материал	Единица измерения	Мощность трансформаторов, кВ·А			
		25—100	100—250	400—630	1000
Кабельная бумага	кг	1	1,5	2	3
Телефонная бумага	»	2—3	4—5	8—10	13
Электрокартон ЭМ	»	8—12	16—26	30—40	45—50
Обмоточный провод	»	60—85	120—200	300—500	500
Шинная медь	»	4—6	8—12	20—35	40
Прутковая медь	»	2,5—3,5	5—8	12—15	20
Ленточная медь	»	0,5	1	2	3
Лакоткань	м	0,5—1	1,5—2	2,5—3	4—8
Киперная лента	»	100	200	300	400
Тафтяная лента	»	50	100	200	300
Крученный шнур	»	—	0,25	0,5	0,8
Трансформаторное масло	кг	250—350	350—550	1000	1900
Глифталевый лак	»	4—6	8—10	16—20	25
Бакелитовый лак	»	1	1,5	2	3
Керосин	»	6—10	12—14	16—19	22
Бензин	»	3—5	6—7	8—10	11
Обтирочный материал	»	2—3	4—5	6—7	8
Медно-фосфористый припой	»	0,1	0,4	0,6	1
Оловянно-свинцовый припой для лужения ПОС-30	»	0,15	0,2	0,4	0,6
Оловянно-свинцовый припой для пайки ПОС-40	»	0,2	0,3	0,5	0,7
Маслостойкая резина	»	0,3	0,5	2	5
Бакелитовые трубки	»	0,4	0,6	1	1,6
Предохранители	шт.	1	1	1	1
Переключатели	»	1	1	1	1
Приводы к переключателям	»	1	1	1	1
Вводы	»	7	7	7	7
Бакелитовые цилиндры	»	3	3	3—6	6
Листовой гетинакс	кг	—	—	—	20—40
Бук	м <sup>3</sup>	0,02	0,03	0,04	0,04
Разные метизы	кг	2—3	4—5	6—7	8
Бушинговая пробка	лист	3	4	6	8

Таблица 4. Норма хранения на складе запасных частей для ремонтируемого электрооборудования

Наименование запасных частей	Единица измерения	Норма	Количество однотипных ремонтируемых единиц
------------------------------	-------------------	-------	--

*Электродвигатели переменного и постоянного тока мощностью до 100 кВт*

Катушки статорной обмотки	комплект	1	10
Щеткодержатели	»	4	10
Контактные кольца	»	2	10
Электрощетки	»	10	10
Секции стержневой обмотки статора и ротора (якоря)	%	10	10
Подшипники качения	шт.	10	10
Подшипниковые щиты	комплект	1	10
Крышки подшипников	»	2	10
Изоляционные прокладки	»	8	10

*Магнитные пускатели*

Главные контакты	комплект	1	20
Пружины	»	1	20
Втягивающие катушки	шт.	1	20
Искрогасительные камеры	»	1	20
Блок-контакты	»	1	20
Нагревательные элементы	»	1	20
Вспомогательные контакты	»	1	20

*Автоматические выключатели*

Контакты подвижные и неподвижные	комплект	1	10
Отключающие катушки	шт.	1	20
Главные контакты	»	1	10
Катушки минимального напряжения	»	1	20

*Трансформаторы*

Обмотки высокого напряжения	комплект	2	5
Обмотки низкого напряжения	»	2	10
Проходные изоляторы	»	2	5
Радиаторный кран	»	1	5

Наименование запасных частей	Единица измерения	Норма	Количество однотипных ремонтируемых единиц
------------------------------	-------------------	-------	--

*Сварочные трансформаторы*

Катушки обмоточные	комплект	1	5
Электродержатели	»	2	5

*Электрощкафы и силовые сборки*

Предохранители	шт.	1	30
Плавкие вставки	»	1	10
Опорные и проходные изоляторы	»	1	25

**3. Категории сложности ремонта**

Согласно системе плано-предупредительного ремонта электрооборудование делая по сложности ремонта на категории, приведенные в табл. 5 и 6.

Таблица 5. Категории сложности ремонта электродвигателей

Мощность, кВт	Категории сложности ремонта электродвигателей		
	асинхронных с короткозамкнутым ротором	асинхронных с фазовым ротором взрывобезопасных и крановых	коллекторных машин постоянного и переменного тока
До 0,6	1	1,3	1,6
Свыше 0,6—3	1,3	1,7	2,5
3,1—5	1,6	2,4	3,4
5,1—10	2,1	3,1	4,3
10,1—15	2,6	3,8	5,2
15,1—20	3,1	4,5	6,1
20,1—30	3,7	5,2	7
30,1—40	4,4	6	8
40,1—55	5,1	7	9
55,1—75	6	8	10
75,1—100	7	9	11

**Таблица 6. Категории сложности ремонта силовых трансформаторов**

Электрооборудование	Категория сложности
Силовые трансформаторы мощностью, кВ·А:	
до 63	6
75	8
100	10
180	12
320	13
560	16
750	19
1000	22
Магнитные пускатели для электродвигателей мощностью, кВт:	
15	0,5
30	0,8
55	1,2
75	1,5
Контакты на ток, А:	
до 600	1,3
1000	2,5

#### 4. Трудоемкость электроремонтных работ

Трудоемкость электроремонтных работ зависит от вида ремонта и его сложности. Рекомендуемые нормы времени в человеко-часах для ремонта электрических машин мощностью до 100 кВт и напряжением до 660 В приведены в табл. 7; трудоемкость ремонта другого наиболее распространенного электрооборудования — в табл. 8.

**Таблица 7. Трудоемкость ремонта, чел-ч, электрических машин мощностью до 100 кВт напряжением до 660 В**

Мощность, кВт	Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором	Асинхронные двигатели с фазовым ротором и синхронные машины	Коллекторные машины постоянного и переменного тока
0,6—1	6,2	8,1	10
1,1—3	8,1	10,1	15,61
3,1—5	10	15	21,24
5,1—10	13,1	19,36	26,84
10,1—15	16,24	23,65	32,4
15,1—20	19,31	28,14	38,11
20,1—30	22,71	32,5	43,74
30,1—40	27,5	37,5	50
40,1—55	31,84	43,74	56,24
55,1—75	37,5	50	62,5
75,1—100	43,75	56,24	68,74

**Т а б л и ц а 8. Трудоемкость ремонта, чел-ч, наиболее распространенного электрооборудования**

Электрооборудование	Вид ремонта	
	капитальный	текущий
Силовые трансформаторы мощностью, кВ·А:		
до 63	130	25
630	250	50
1000	300	60
1600	380	80
Выключатели нагрузки на ток до 400 А	12	4
Автоматические выключатели на ток до 1000 А	30	11
Магнитные пускатели для электродвигателей мощностью до 75 кВт	18	6
Пакетные переключатели на ток до 400 А	12	4
Контакты переменного тока на ток до 600 А	30	10
Контакты постоянного тока на ток до 600 А	26	8
Трансформаторы тока до 5000 А, 10 кВ	18	6
Масляные выключатели на ток до 3000 А, 10 кВ	60	18
Сварочные трансформаторы на ток 1000 А	90	30
Разъединители на ток до 1000 А, 10 кВ внутренней установки	20	6

### **5. Структура и оборудование ремонтной базы предприятия**

Структура электромонтажного предприятия или электроремонтного цеха (ЭРЦ) и состав их оборудования зависят от объема и номенклатуры ремонтируемого электрооборудования.

Заводские ЭРЦ подразделяют по мощности на крупные, которые обслуживают предприятия с количеством установленных электродвигателей от 20 тыс. и более, средние — от 5 до 20 тыс. и малые — до 5 тыс.

В настоящее время примерно 80% электрических машин и аппаратов ремонтируют силами предприятий в ЭРЦ. Электроремонтные цехи большинства предприятий обычно специализируются на ремонте электрических машин мощностью до 100 кВт, пусковой и защитной аппаратуры напряжением до 1000 В. Ремонт более крупных машин и трансформаторов осуществляют централизованно на специализированных электроремонтных предприятиях.

ЭРЦ среднего по мощности предприятия со сравнительно небольшим объемом ремонта электрооборудования состоит из под-

Т а б л и ц а 9. Оборудование отделений и участков цеха по ремонту электрических машин

Отделение или участок ЭРЦ	Оборудование	Назначение
Склад ремонтного фонда	Подъемно-транспортные средства	Хранение неисправных электрических машин, ожидающих ремонта
Подготовительно-дефектировочное (разборочное)	Установка для механической промывки деталей в щелочном растворе. Подъемно-транспортные средства. Гидравлические и винтовые съёмники. Станок для извлечения обмоток из пазов статора электродвигателя. Обдувочная камера с соплом. Автогенный и электросварочный аппараты. Печь для нагрева статора с обмоткой. Стенд для испытания электрооборудования. Щит для проверки электрооборудования. Верстаки для разборки. Ванна для промывки подшипников. Чугунная плита	Очистка и промывка электрических машин, подлежащих ремонту. Дефектировка машин с частичной или полной разборкой. Демонтаж обмоток. Определение характера и объема ремонтных работ. Оформление ремонтной документации
Ремонтно-механическое	Металлообрабатывающие станки (строгальный, сверлильный, токарный, фрезерный, шлифовальный, долбежный). Подъемно-транспортные средства. Гильотинные ножницы для резки металла. Кривошипный пресс. Опиловочный станок. Электropечь для плавки баббита и выплавки баббита из вкладышей. Сварочный трансформатор. Сварочный преобразователь. Сварочная плита. Наждачно-заточной станок	Слесарно-механическая обработка ремонтируемого оборудования. Перешивка статоров и роторов электрических машин и магнитопроводов силовых трансформаторов
Смоточное	Станок для очистки изоляции проводов. Станки для намотки катушек и секций. Картонорезательные ножницы. Полуавтомат для рядовой намотки катушек. Переносный фрезерный суппорт для пропазовки пластин изоляции коллекторов. Транспортёр для пайки. Станки для бандажирования роторов и якорей электрических машин. Станок для изготовления деревянных клиньев. Плита для разогрева миканита с электроподогревом. Поворотный стол для обмотки статоров асинхронных электродвигателей	Все виды работ по ремонту и изготовлению новых обмоток электрических машин, силовых трансформаторов, катушек электромагнитов. Восстановление проводов, чистка пазов, пайка схем, межоперационный контроль

Отделение или участок ЭРЦ	Оборудование	Назначение
Сушильно-пропиточный	Ванны для пропитки проводов, шкафы для сушки и запечки обмоток. Вакуумная печь для сушки изоляции трансформаторов под вакуумом. Передвижной вакуумнасос. Подвесной электрический взрывозащищенный кран. Сушильная однокамерная печь. Сушильный шкаф с электроподогревом	Пропитка и сушка обмоток
Сборки и испытаний	Оснащено аналогично подготовительно-дефектировочному (разборочному) отделению с дополнительным оборудованием для статической и динамической балансировки роторов электродвигателей и якорей электрических машин. Высоковольтная испытательная электроустановка	Комплектация, полная сборка и подготовка электрооборудования к испытаниям. Проведение испытаний
Склад готовой продукции	Подъемно-транспортные средства	Хранение отремонтированного электрооборудования

Примечание. Количество, номенклатура и характеристики оборудования ЭРЦ зависят от количества и номенклатуры электрооборудования, подлежащего ремонту.

Таблица 10. Приспособления, применяемые при ремонте электрооборудования

Приспособление	Количество для среднего ЭРЦ, шт.
Съемник для снятия подшипникового щита	3
Съемник для снятия подшипников качения	3
Съемник для стаскивания шкивов и полумуфт с валов электродвигателей	3
Приспособление для вывода и ввода ротора (якоря) из статора машины	3
Приспособление для снятия коллектора с вала	1
Приспособление для ручной заливки подшипников	2
Хомут для стяжки разъемных вкладышей при центробежной заливке подшипников скольжения	2

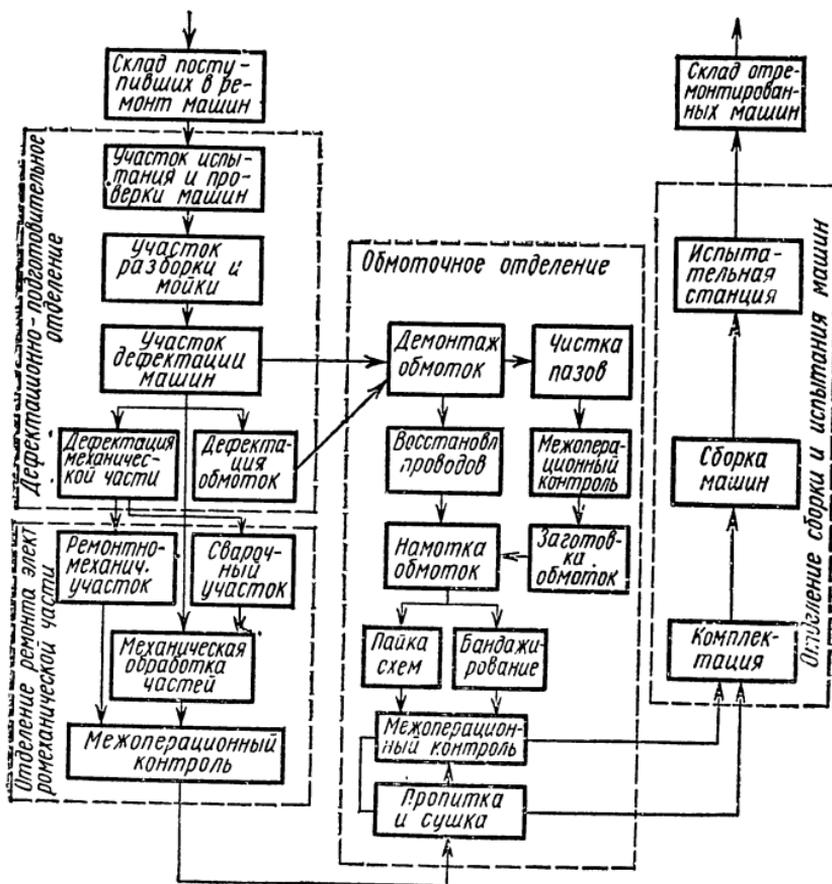
Приспособление	Количество для среднего ЭРЦ, шт
Приспособление для демонтажа обмоток	2
Оправка для демонтажа подшипников качения	2
Приспособление для очистки и протяжки пазов	1
Приспособление для механизированной проточки дорожек коллекторов	1
Универсальный шаблон для намотки катушек	1
Приспособление для шлифования коллекторов	1
Универсальное приспособление для намотки и растяжки секций обмоток	1
Приспособление для растяжки катушек	1
Приспособление для выгибания головки секций	1
Приспособление для изготовления и формовки изоляционных деталей	2
Ручной насос для масла	1
Приспособления для выгибания проводов обмоток трансформатора	2 комплекта
Приспособление для обкатки миканитовых гильз	1
Приспособление к лентоизолирующему станку для обмотки секций стеклопряжей	1
Специальные приспособления для подъема и транспортировки выемной части трансформатора и обмоток:	
тройная траверса с лапами для подъема обмоток	1
устройство для подъема и кантовки дисковых обмоток	1
Стропы со специальными лапами для подъема обмоток, намотанных на бакелитовые цилиндры трансформаторов	1
Различные приспособления для выгибания проводов обмоток трансформатора	1 комплект

разделений: разборочного, ремонтно-механического, обмоточного, сушильно-протирочного, комплектовочного, сборочного отделения и испытательной станции, а также отдельных участков, где проводят электро и газосварочные работы, окраску отремонтрованного электрооборудования и другие работы, связанные с ремонтом.

На рис. 1 приведены наиболее распространенные структурно-технологические схемы ремонта электрических машин (рис. 1, а) и силовых трансформаторов (рис. 1, б), занимающих основной объем в общем количестве ремонтируемого электрооборудования.

Оснащение ЭРЦ оборудованием, приспособлениями и инструментом приведено в табл. 9, 10, 11.

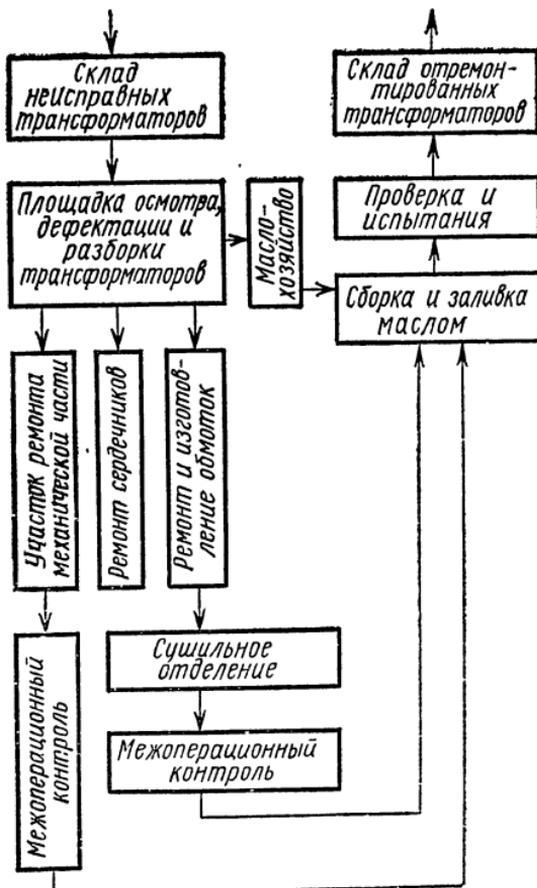
Рис. 1. Структурно-технологическая схема специализированного предприятия по ремонту электрооборудования:



а — электрических машин,

Таблица 11. Специальный инструмент, применяемый при ремонте электрооборудования

Инструменты	Количество для среднего ЭРЦ, шт.
Набор инструмента обмотчика (фибровая пластинка, фибровый язык, обратный клин, специальный нож, топорик, выколотка, ключи для гибки роторных стержней)	6 комплектов
Просечка для вырезки прокладок	4
Универсальные клещи для электромонтеров и обмотчиков	10
Резец для проточки коллекторов	6
Фреза для прорезки смазочных канавок	6



6 — силовых трансформаторов

Инструменты	Количество для среднего ЭРЦ, шт.
Электронагреватель для нагрева посадочных гнезд подшипников	2
Ключи для завинчивания шпилек	4 комплекта
Труборез	2
Ролики для гибки труб	2
Прошивка для срезания неровностей в закрытых пазах сердечника	6
Инструмент для снятия фасок на трубах	2
Токоизмерительные клещи	1
Специальные ключи для опрессовки обмоток нажимными кольцами	1
Специальный циркуль для вырезки уплотняющих прокладок диаметром до 300 мм	1
Аппаратура для включения намагничивающей обмотки	1 комплект
Рубанок для снятия заусенцев	2
Универсальный обрубочный штамп для изготовления вентиляторов	1
Пассатижи, круглогубцы, плоскогубцы	8
Разные напильники	10
Ручные тиски	4
Электрические паяльники	3
Мегаомметр напряжением 2500 В	1
Щипцы для удаления изоляции из выводных концов обмотки	3
Клещи для пайки проводов	3
Клещи для соединения проводов сваркой	4
Клещи для изгибания стержней	3
Пружинные тиски для изолировочных работ	3

## Глава II. МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

### 6. Металлы и металлические изделия

Таблица 12. Прокатная угловая равнополочная сталь  
(ГОСТ 8509—72)

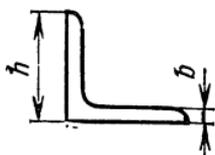


Рис. 2. Угловая равнополочная  
прокатная сталь

Номер профиля	Размеры полки (рис. 2), мм		Масса 1 м, кг
	высота $h$	толщина $b$	
2	20	3	0,89
	20	4	1,15
2,5	25	3	1,12
	25	4	1,46
2,8	28	3	1,27
3,2	32	3	1,46
	32	4	1,91
3,6	36	3	1,65
	36	4	2,16
4	40	3	1,85

Таблица 13. Горячекатаная стальная лента (ГОСТ 6009—74)

Размеры, мм	20×1,2	20×1,5	20×2	30×2	30×3	40×2	40×3	50×2	50×3
Масса 1 м, кг	0,19	0,24	0,31	0,47	0,71	0,63	0,94	0,78	1,18

Таблица 14. Полосовая сталь (ГОСТ 103—76)

Размеры, мм	16×4	20×4	25×4	30×4	40×4	50×5	60×6	80×8
Масса 1 м, кг	0,50	0,63	0,79	0,94	1,26	1,96	2,83	5,02

Таблица 15. Круглая горячекатаная сталь (ГОСТ 2590—71)

Диаметр, мм	6	8	10	12	16	18	20	24	25	30
Масса 1 м, кг	0,22	0,40	0,62	0,89	1,58	2	2,47	3,55	3,85	5,55

Таблица 16. Винты с полукруглой головкой (ГОСТ 17473—72)

Диаметр резьбы, мм	Крупный шаг резьбы, мм	Диаметр головки, мм	Высота головки, мм	Ширина шлица, мм
2	0,45	4	1,4	0,5
2,5	0,45	5	1,7	0,5
3	0,5	6	2,1	0,8
4	0,7	8	2,8	1
5	0,8	10	3,5	1,2
6	1	12	4,2	1,6
8	1,25	16	5,6	2

Примечания: 1. Длина винтов в зависимости от диаметра от 10 до 50 мм.

2. Винты диаметром 8 мм могут иметь также мелкий шаг резьбы 1 мм.

Таблица 17. Металлические гибкие негерметичные рукава РЗ-Ц-Х (СТУ36-05-083-73)

Диаметр, мм			Допустимый наименьший радиус изгиба, мм	Масса 1 м рукава, кг	Соединяется трубкой диаметром, мм
условного прохода	внутренний	наружный			
15	14,6	19	120	0,26	14
18	17,5	22,4	150	0,33	17
20	19	25	170	0,38	18
22	21	27	200	0,46	20
25	24	30	200	0,52	23
29	28,5	33,6	250	0,60	27
32	31	37	350	0,62	29
38	37	43	350	0,82	35
50	48,5	57,5	450	1,30	46

Таблица 18. Металлические гибкие герметичные рукава (ГОСТ 3575—66)

Диаметр, мм			Допустимый наименьший радиус изгиба, мм	Масса 1 м рукава, кг
условного прохода	внутренний	наружный		
13	12	18	210	0,5
20	19	28	350	1,2
25	23,5	33	425	1,5
32	30	38	525	2
38	36	46	650	2,4
50	48	62	800	4
75	72	87	1200	5,5

Таблица 19. Стальная плетеная сетка (ГОСТ 5336—67)

Номер сетки	Размер ячейки, мм	Диаметр проволоки, мм	Масса 1 м <sup>2</sup> сетки, кг	Ширина сетки, мм	Длина сетки не менее, мм
10	10×10	1 1,2 1,6	1,48 2,1 3,58	1000 и 1500	1000
20	20×20	1,6 2	1,96 2,95		

Таблица 20. Специальные шайбы для болтовых соединений алюминиевых шин (ТУ 36-1453—70)

Тип шайбы	Размер шайбы, мм			Масса 1000 шт., кг
	наружный диаметр	внутренний диаметр	толщина	
A-8	18	8,5	3	5
A-10	24	10,5	4	10
A-12	28	12,5	4	16
AC-12	32	12,5	4	21
AC-16	40	16,5	6	48

Таблица 21. Стальные черные болты (ГОСТ 7796—71)

Диаметр болта, мм	Масса 1000 шт. болтов, кг, при длине, мм							
	16	20	25	30	35	40	45	50
8	9,10	10,64	12,56	14,48	16,4	18,32	20,24	22,16
10	—	16,51	19,53	22,55	25,57	38,59	31,61	34,63
12	—	—	29,83	34,18	38,57	42,86	47,2	51,54
16	—	—	—	64,8	72,6	80,4	88,2	96

Таблица 22. Шайбы-звездочки для присоединения алюминиевых проводов к выводам аппаратов (ТУ 36-96—70)

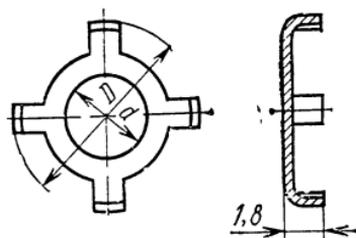


Рис. 3. Шайбы-звездочки для присоединения алюминиевых проводов к выводам аппаратов

Тип шайбы	Винт	Провод сечением, мм <sup>2</sup>	Диаметр (рис 3), мм		Масса 1000 шт., кг
			наружный D	внутренний d	
У15	M4	2,5	9,5	4,2	0,25
У16	M5	4	10,5	5,2	0,28
У19	M6	6	13	6,3	0,4

Таблица 23. Пружинные шайбы (ГОСТ 6402—70)

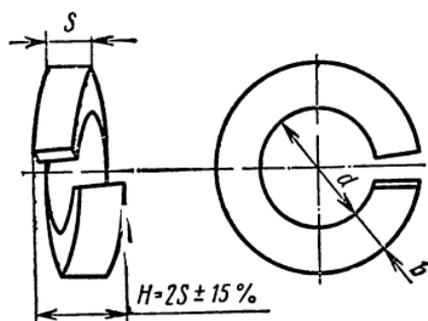


Рис. 4. Пружинные шайбы

Диаметр болта или винта, мм	Внутренний диаметр $d$ , мм	Размеры шайб (рис. 4)			
		легких		нормальных	тяжелых
		$S$	$b$	$S=b$	$S=b$
3	3,1	0,6	1	0,8	1
4	4,1	1	1,4	1,2	1,4
5	5,1	1,2	1,6	1,4	1,6
6	6,1	1,4	2	1,6	2
8	8,1	1,6	2,5	2	2,5
10	10,1	2	3	2,5	3
12	12,1	2,5	3,5	3	3,5
14	14,2	3	4	3,5	4

Таблица 24. Черные гайки (ГОСТ 5915—70) и шайбы (ГОСТ 10450—64)

Диаметр болта или винта, мм	Масса 1000 шт., кг		Диаметр болта или винта, мм	Масса 1000 шт., кг	
	гаек	шайб		гаек	шайб
3	0,39	0,16	12	17,24	1,75
4	0,82	0,24	14	25,22	2,44
5	1,24	0,45	16	33,54	2,81
6	2,52	0,64	18	45,62	3,43
8	6,07	1,14	20	64,47	5,58
10	11,68	1,33	22	79,03	6,16

Таблица 25. Стальные водогазопроводные неоцинкованные трубы (ГОСТ 3262—75)

Условный проход	Размеры, мм						Масса 1 м (без муфт), кг	
	наружный диаметр	толщина стенки		внутренний диаметр		диаметр отверстия для ввода трубы	легкие	обыкновенные
		легкие	обыкновенные	легкие	обыкновенные			
15	21,3	2,5	2,8	16,3	15,7	23	1,16	1,28
20	26,8	2,5	2,8	21,8	21,2	30	1,50	1,66
25	33,5	2,8	3,2	27,9	27,1	36	2,12	2,39
32	42,3	2,8	3,2	36,7	35,9	45	2,73	3,09
40	48	3	3,5	41,3	41	50	3,33	3,84
50	60	3	3,5	54,6	52,8	63	4,22	4,88
70	75,5	3,2	4	69,1	67,5	80	5,71	7,05
80	88,5	—	4	—	80,5	92	—	8,34

## 7. Шины и провода

Таблица 26. Шины алюминиевые прямоугольного сечения (ГОСТ 1576—70)

Размеры сторон, мм	Сечение шины, мм <sup>2</sup>	Масса 1 м, кг	Размеры сторон, мм	Сечение шины, мм <sup>2</sup>	Масса 1 м, кг
3×10	30	0,081	5×10	50	0,136
3×12	36	0,098	5×12	60	0,163
3×15	45	0,122	5×15	75	0,203
3×20	60	0,162	5×20	100	0,271
3×25	75	0,203	5×25	125	0,339
3×30	90	0,244	5×30	150	0,407
3×40	120	0,325	5×40	200	0,542
3×50	150	0,407	5×50	250	0,678
3×60	180	0,488	6×10	60	0,163
3×80	240	0,65	6×12	72	0,195
3×100	300	0,813	6×15	90	0,244
4×6	24	0,065	6×20	120	0,325
4×10	40	0,108	6×25	150	0,407
4×12	48	0,13	6×30	180	0,488
4×15	60	0,163	6×40	240	0,65
4×20	80	0,217	6×50	300	0,813
4×25	100	0,271			
4×30	120	0,325			
4×40	160	0,434			
4×50	200	0,542			

**Таблица 27. Шины медные прямоугольного сечения**  
(ГОСТ 434—71)

Размеры сторон, мм	Сечение шины, мм <sup>2</sup>	Масса 1 м, кг	Размеры сторон, мм	Сечение шины, мм <sup>2</sup>	Масса 1 м, кг
3×10	30	0,29	4×10	40	0,37
3×12	36	0,32	4×12	48	0,43
3×15	45	0,4	4×15	60	0,53
3×20	60	0,53	4×20	80	0,7
3×25	75	0,67	4×25	100	0,89
3×30	120	0,8	4×30	120	1,07

**Таблица 28. Обмоточные провода с эмалевой изоляцией**

Марка	Диаметр (размеры) токопроводящей жилы без изоляции, мм	Толщина слоя изоляции (на одну сторону), мм	Вид изоляции	Техническая документация
ПЭЛ	0,02— 2,44	0,005— 0,0325	Эмаль на масляно-смоляной основе	ГОСТ 2773—69
ПЭВ-1	0,02— 2,44	0,005— 0,0425	Высокопрочная эмаль на поливинилацеталевой основе	ГОСТ 7262—70
ПЭВ-2	0,06— 2,44	0,0125— 0,045	То же, но с утолщенной изоляцией	ГОСТ 7262—70
ПЭМ-1	0,06— 2,44	0,01— 0,04	Высокопрочная эмаль на поливинилформалевой основе	ГОСТ 10288—62
ПЭМ-2	0,06— 2,44	0,0125— 0,042	То же, но с утолщенной изоляцией	ГОСТ 10288—62
ПЭЛР-1	0,1—2,44	0,01— 0,04	Высокопрочная эмаль на полиамидно-резольной основе	ТУ 16505.231— 71
ПЭЛР-2	0,1—2,44	0,0125— 0,045	То же, но с утолщенной изоляцией	ТУ 16505.231—71
ПЭВТЛ-1	0,05— 1,56	0,0075— 0,035	Высокопрочная эмаль на полиуретановой основе	ТУ 16505.446—73
ПЭВТЛ-2	0,05— 1,56	0,01— 0,04	То же, с утолщенной изоляцией	ТУ 16505.446—73
ПЭТВ-943	0,06— 2,44	0,0125— 0,045	Высокопрочная эмаль на полиэфирной основе (лак ПЭ-943)	ОСТ 165001—70
ПЭТ-155А	0,06— 2,14	0,0124— 0,045	Высокопрочная эмаль на полиэфиримидной основе	ТУ 16505.277—71

Марка	Диаметр (размеры) токопроводящей жилы без изоляции, мм	Толщина слоя изоляции (на одну сторону), мм	Вид изоляции	Техническая документация
ПНЭТ-имид	0,10— 1,30	0,0125— 0,03	Высокопрочная эмаль на полиимидной основе, жила никелированная	ТУ 16505. 489—73
ПЭВП	Прямоугольная: $a=0,5 \div$ $\div 2,83$ $b=2,1 \div$ $\div 8,8$	0,03— 0,05	Высокопрочная эмаль «винифлекс»	ГОСТ 434—71
ПЭВА	0,08— 2,44	0,015— 0,065	Высокопрочный лак «винифлекс»	ГОСТ 14966—69

Таблица 29. Обмоточные провода с волокнистой и стекловолокнистой изоляцией

Марка	Диаметр (размеры) токопроводящей жилы без изоляции, мм	Толщина слоя изоляции (на одну сторону), мм	Вид изоляции	Техническая документация
ПБД	0,38—5,2 Прямоугольная: $a=0,9 \div$ $\div 5,5$ $b=2,1 \div$ $\div 15$	0,11— 0,141 0,135— 0,18	Два слоя обмотки из хлопчатобумажной пряжи	ГОСТ 16513—70
АПБД	1,35—8 Прямоугольная: $a=1,81 \div$ $\div 7$ $b=4,1 \div$ $\div 18$	0,135— 0,175 0,135— 0,235	Два слоя обмотки из хлопчатобумажной пряжи	ГОСТ 16513—70
ПБ	1,2—5,2 Прямоугольная: $a=1 \div 5,6$ $b=5,0 \div$ $\div 19,5$	0,15— 0,84 0,28— 0,96	Несколько слоев обмотки из кабельной или телефонной бумаги	ГОСТ 16512—70

Марка	Диаметр (размеры) токопроводящей жилы без изоляции, мм	Толщина слоя изоляции (на одну сторону), мм	Вид изоляции	Техническая документация
АПБ	1,35—8 Прямоугольная: $a=1,81 \div 7$ $b=4,1 \div 18$	1,15—2,84 0,24—0,96	Несколько слоев ленты из кабельной или телефонной бумаги	ГОСТ 16512—70
ПЛД	0,38—1,3	0,09—0,11	Два слоя обмотки из лавсанового волокна	ТУ 16505.357—72
ПСД	0,31—5,2 Прямоугольная: $a=0,9 \div 5,5$ $b=2,1 \div 12,5$	0,115—0,165 0,135—0,2 0,16—0,19	Два слоя обмотки из стекловолокна с пропиткой каждого слоя нагревостойким лаком	ГОСТ 7019—70
ПСДТ	0,31—2,1	0,09—0,115	Два слоя обмотки из утоненного стекловолокна с пропиткой каждого слоя нагревостойким лаком	ГОСТ 7019—70
ПСДК	0,31—5,2	0,115—0,165 0,16—0,24 0,235—0,2	Два слоя обмотки из стекловолокна с пропиткой каждого слоя кремнийорганическим лаком	ГОСТ 7019—70
ПЭТКСОТ	0,33—1,56 Прямоугольная: $a=0,83 \div 1,45$ $b=2,1 \div 4,7$	0,07—0,08 0,1—0,11 0,09—0,1	Слой кремнийорганической эмали и обмотка из утоненного стекловолокна с пропиткой кремнийорганическим лаком	ТУ 16505.463—73

Таблица 30. Обмоточные провода с эмалево-волокнистой изоляцией

Марка	Диаметр токопроводящей жилы без изоляции, мм	Толщина слоя изоляции (на одну сторону), мм	Вид изоляции	Техническая документация
ПЛБО	0,38— 2,1	0,085— 0,11	Эмаль на масляно-смоляной основе с одним слоем обмотки из хлопчатобумажной пряжи	ГОСТ 16507—70
ПЭЛШО	0,05— 1,56	0,04— 0,08	Эмаль на масляно-смоляной основе и с одним слоем обмотки из натурального шелка	ГОСТ 16507—70
ПЭЛЛО	0,05— 1,3	0,04— 0,07	Эмаль на масляно-смоляной основе с одним слоем обмотки из лавсановых нитей	ГОСТ 16507—70
ПЭТЛО	0,2—1,3	0,06— 0,09	Эмаль повышенной нагревостойкости с одним слоем обмотки из лавсанового волокна	ТУ 16505. 357—72
ПЭВЛО	0,06— 1,3	0,045— 0,089	Эмаль высокопрочная «винифлекс» или «металвин» с одним слоем обмотки из лавсанового волокна	ГОСТ 16507—70
ПЭПЛО	0,2—1,3	0,06— 0,09	Эмаль повышенной нагревостойкости с одним слоем обмотки из лавсанового волокна	ТУ 16505. 357—72

Таблица 31. Расчетные сечения, мм<sup>2</sup>, прямоугольных алюминиевых обмоточных проводов АПБ и АПБУ (ГОСТ 16513—70)

Размер проволоки по стороне b, мм	Размер проволоки по стороне a, мм									
	1,81	1,95	2,1	2,26	2,44	2,63	2,83	3,05	3,28	3,53
4,1	7,21	7,79	8,13	8,79	9,52	10,3	11,1	12	13	14
4,4	7,75	8,37	8,76	9,46	10,2	11,1	12	12,9	13,9	15
4,7	8,3	8,96	9,39	10,1	11	11,9	12,8	13,8	14,9	16,1
5,1	9,02	9,74	10,2	11	11,9	12,9	13,9	15,1	16,2	17,5
5,5	9,75	10,5	11,1	11,9	12,9	14	15,1	16,3	17,5	18,9
5,9	10,5	11,3	11,9	12,8	13,9	15	16,2	17,5	18,9	20,3

**Таблица 32. Расчетные сечения, мм<sup>2</sup>, прямоугольных медных обмоточных проводов ПБ и ПБУ (ГОСТ 16512—70)**

Размер проволоки по стороне <i>b</i> , мм	Размер проволоки по стороне <i>a</i> , мм									
	1,0	1,08	1,16	1,25	1,35	1,45	1,56	1,68	1,81	1,95
3,05	2,84	3,08	3,33	3,6	3,91	4,21	4,55	4,91	5,31	5,74
3,28	3,07	3,33	3,6	3,89	4,22	4,55	4,91	5,3	5,73	6,19
3,53	3,32	3,6	3,89	4,2	4,56	4,91	5,3	5,72	6,18	6,67
3,8	3,59	3,89	4,2	4,54	4,92	5,3	5,72	6,17	6,67	7,2
4,1	3,89	4,22	4,55	4,92	5,33	5,74	6,19	6,88	7,21	7,79
4,4	4,19	4,54	4,89	5,29	5,73	6,17	6,65	7,18	7,75	8,37
4,7	4,59	4,87	5,24	5,67	6,14	6,61	7,12	7,79	8,3	8,96
5,1	4,89	5,3	5,71	6,17	6,68	7,19	7,75	8,36	9,02	9,74
5,5	5,29	5,73	6,17	6,67	7,22	7,77	8,37	9,03	9,75	10,5
5,9	5,69	6,16	6,63	7,17	7,76	8,33	8,99	9,7	10,5	11,3

Примечания: 1. ГОСТ 16512—70 устанавливает размеры изоляции прямоугольных обмоточных проводов (на обе стороны) марок ПБ и АПБ — 0,45; 0,55; 0,72; 0,96; 1,2; 1,35; 1,68. Для марок ПБУ и АПБУ — 2,0; 2,48; 2,96; 3,6 мм.

2. Обмоточные прямоугольные медные провода, рекомендованные МЭК, изготовляют размерами  $a=0,8 \div 12,5$  мм,  $b=2,00 \div 35,5$  мм.

3. Медные провода с бумажной изоляцией изготовляют размерами до 19,5 мм

4. Кроме проволоки для электротехнических целей изготовляют медные л. д. л. размерами  $a=0,1 \div 3,35$  мм,  $b=8 \div 100$  мм.

## 8. Проводниковые материалы, сплавы, припой и флюсы

К проводниковым материалам относят металлы и сплавы металлов. Металлические проводниковые материалы могут быть разделены на материалы высокой проводимости (медь, алюминий, серебро и т. п.) и материалы высокого сопротивления (сплавы: константан, манганин, нихром и др.).

В табл. 33—39 приведены основные данные о проводниковых материалах и сплавах высокого сопротивления, широко применяемых при ремонте электрооборудования.

**Таблица 33. Технические данные основных проводниковых материалов**

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Температура плавления, °С	Температурный коэффициент сопротивления, °С <sup>-1</sup>
Серебро	10500	960	0,004
Вольфрам	19300	3390	0,005
Медь	8900	1083	0,004
Алюминий	2700	657	0,004
Кадмий	8600	321	0,004

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Температура плавления, °С	Температурный коэффициент сопротивления, °С <sup>-1</sup>
Графит	1800	3650	0,0013
Молибден	10000	2620	0,0045
Никель	8800	1452	0,005
Олово	7300	232	0,0045
Свинец	11300	327	0,004
Цинк	7100	419	0,0037
Железо	7800	1540	0,0065
Сталь	7800	1400—1540	0,006
Бронза*	8200—8900	890—1150	0,004
Латунь*	8500—8600	770—940	0,004

\* Приведенные данные относятся к латуням и бронзам нескольких сортов, применяемых в электротехнике.

Т а б л и ц а 34. Технические данные сплавов высокого сопротивления и жаропрочных

Материал и марка	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Температура плавления, °С	Допустимая наибольшая рабочая температура, °С
Манганин МНМц 3—12	8400	960	300
Константан МНМц 40—1,5	8900	1260	700
Нейзильбер МНц 15—20	8700	1080	250
Нихром Х15Н60	8200	1410	1000
Фехраль Х13Ю4	7300	1455	1000
Хромель ОХ23Ю5	7250	1500	1200

Т а б л и ц а 35. Серебряные припои (ГОСТ 8190—56)

Марка	Химический состав, %	Температура плавления, °С	Сфера применения
ПСр-72	Серебро — 72, медь — 28	779	Пайка токопроводящих деталей из меди, латуни, бронзы и других металлов, кроме алюминия
ПСр-45	Серебро — 45, медь — 30, цинк — 25	725	Пайка меди и ее сплавов, в том числе различные токопроводящие части электрических машин и аппаратов
ПСр-7-1Ф	Серебро — 71, медь — 28, фосфор — 1	795	Пайка узких и глубоких зазоров (без флюса), обеспечивающая механическую прочность и проводимость

Т а б л и ц а 36. Припои оловянно-свинцовые (ГОСТ 1499—70)

Марка	Химический состав, %	Температура плавления, °С	Температура пайки, °С	Электрическая проводимость, % проводимости меди	Область применения
ПОС-61	Олово — 61, свинец — остальное	190	240	12	Лужение, пайка меди и ее сплавов, токопроводящих частей машин и аппаратов
ПОС-61М	Олово — 62, медь — 2, свинец — остальное	192	240	12,3	То же
ПОССу95-5	Олово — 95, сурьма — 5	240	290	12,5	Пайка коллекторов, якорных секций, бандажей, токопроводящих соединений электрических машин и деталей электрооборудования
ПОССу40-05	Олово — 40, сурьма — 0,5 свинец — остальное	235	285	10,4	Пайка бандажей коллекторов и секций электрических машин, приборов
ПОСС у30-05	Олово — 41, сурьма — 0,5, свинец — остальное	255	305	9,8	Пайка меди и ее сплавов, проводов, кабелей, бандажей и деталей аппаратур
ПОС-40	Олово — 41, свинец — остальное	238	290	11,1	Пайка и лужение токопроводящих частей из меди, латуни, бронзы
ПОСК5018	Олово — 51, кадмий — 19, свинец — остальное	145	185	13,2	Пайка деталей из меди и ее сплавов

Примечания: 1. Оловянно-свинцовые припои выпускаются в виде слитков, прутков, проволоки, ленты, трубок

2. Сурьмянистые припои не рекомендуются применять для пайки цинковых и оцинкованных деталей.

Таблица 37. Припой для пайки алюминия и его сплавов  
(ОАА.614.017—67)

Марка	Химический состав, %	Температура плавления, °С	Температура пайки, °С	Область применения
П250А	Олово — 80, цинк — 20	250	300	Лужение и пайка концов алюминиевых проводов
П300А	Цинк — 60, кадмий — 40	310	360	Пайка соединений, сращивание алюминиевых проводов круглого и прямоугольного сечения при намотке обмоток трансформаторов
П300Б	Цинк — 80, алюминий — 12, медь — 8	410	750	Пайка заливкой алюминиевых проводов с алюминиевыми и медными деталями
34А	Алюминий — 66, медь — 28, кремний — 6	525	650	Пайка изделий из алюминия и его сплавов

Таблица 38. Флюсы для пайки твердыми припоями

Химический состав, % по массе	Область применения
<p>Прокаленная бура</p> <p>Борный ангидрид — 35, фтористый калий — 42, фтороборат — остальное</p> <p>Фтористый калий — 10, хлористый цинк — 8, калий — остальное</p> <p>Плавленая бура — 50, борная кислота — 50</p>	<p>Пайка меди, медных сплавов, никеля и углеродистых сталей</p> <p>Пайка изделий из меди, латуни, бронзы серебряными припоями</p> <p>При пользовании алюминиевыми припоями</p> <p>Пайка меди, латуни, бронзы медными и медно-цинковыми припоями</p>

Таблица 39. Флюсы для пайки мягкими припоями

Марка или название флюса	Химический состав, % по массе	Область применения
Светлая канифоль	Эфиры смоляных кислот	Пайка токопроводящих частей из меди, латуни и бронзы
КЭ	Канифоль — 25—30, спирт этиловый — 75—70	То же

Марка или название флюса	Химический состав, % по массе	Область применения
ВТС	Вазелин — 63, триэтанол-амин — 6,5, кислота салициловая — 6,3, спирт этиловый — 21,2	Пайка проводниковых изделий из меди, латуни, алюминия, бронзы, константана, манганина, серебра
ФВ-3	Фтористый натрий — 8, хлористый цинк — 16, хлористый литий — 36, хлористый калий — 40	Пайка изделий из алюминия и его сплавов цинковыми и алюминиевыми припоями
Водный раствор хлористого цинка	Хлористый цинк — 40, вода — 60	Пайка изделий из стали, меди, латуни и бронзы
ФТКА	Фтороборат кадмия — 10, фтороборат аммония — 8, триэтаноламин — 82	Пайка алюминиевых сплавов с медными

## 9. Электроизоляционные материалы

Электроизоляционными материалами (диэлектриками) называют такие материалы, с помощью которых осуществляют изоляцию каких-либо токопроводящих частей, находящихся под разными электрическими потенциалами.

К электроизоляционным материалам относятся следующие: волокнистые (бумага, картон, ткани, лакоткани), слюдяные и слоистые (миканит, микалента, слюдиниты, текстолит, гетинакс, стеклотекстолит), электрокерамические (электрофарфор, стеатит, тиконды, термоконды), жидкие диэлектрики (минеральные масла, синтетические жидкости, растительные масла), заливочные и пропиточные электроизоляционные составы (компаунды), электроизоляционные лаки и эмали (масляные, кремнийорганические, глифталево-масляные и др.).

В табл. 40—58 приведены основные технические данные электроизоляционных материалов, широко применяющихся при ремонте различных видов электрооборудования.

Таблица 40. Технические данные основных электроизоляционных материалов

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Электрическая прочность при 20°C, кВ/мм	Влагопоглощаемость за 24 ч, %	Нормируемая температура, °C
Асбест	2100—2800	2,4—4,6	2—4	500—600 (наибольшая допустимая)

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Электрическая прочность при 20°С, кВ/мм	Влапопоглощае-мость за 24 ч, %	Нормируемая температура, °С
Асбоцемент	1600—1800	2—3	15—20	250 (нагрево-стойкость)
Битумы	1000	15—20	—	30—130 (раз-мягчение)
Вазелин	820—840	20—25	—	—
Бумага	700—870	5—10	7—10	110 (нагрево-стойкость)
Гетинакс	1300—1400	20—22	2	150—180 (на-гревостойкость)
Лакоткани	900—1200	20—70	3,6—8	105 (нагрево-стойкость)
Миканиты	1500—2600	—	—	130—200 (на-гревостойкость)
Масло транс-форматорное	840—920	15—20	—	135—145 (вспы-шка)

Таблица 41. Нагревостойкость электроизоляционных материалов (ГОСТ 8865—70)

Класс нагре-востойкости	Темпера-тура, °С	Характеристика основных групп электроизоля-ционных материалов, соответствующих данному классу нагревостойкости
У	90	Волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка и натурального шелка, не пропитан-ные и не погруженные в жидкий электро-изоляционный материал
А	105	Волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка или натурального, искусственного и синтетического шелка, пропитанные или погруженные в жидкий электроизоляцион-ный материал
Е	120	Синтетические органические материалы (пленки, волокна, смолы и др.) и другие материалы или простые сочетания материа-лов, для которых на основании практичес-кого опыта или соответствующих испыта-ний установлено, что они могут работать при температуре, соответствующей данно-му классу
В	130	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые с органически-ми связующими и пропитывающими соста-вами
Ф	155	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые в сочетании с синтетическими связующими и пропитыва-ющими составами, которые соответствуют данному классу нагревостойкости

Класс нагревостойкости	Температура, °С	Характеристика основных групп электроизоляционных материалов, соответствующих данному классу нагревостойкости
Н	180	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые в сочетании с кремнийорганическими связующими и пропитываемыми составами, кремнийорганические эластомеры
С	Свыше 180	Слюда, керамические материалы, стекло, кварц или их комбинации, применяемые без связующих или с неорганическими и элементоорганическими составами. Температура применения этих материалов определяется их физическими, химическими, механическими и электрическими свойствами

Таблица 42. Электроизоляционные лаки

Обозначение лака	Режим высыхания		Разбавитель	Область применения
	температура сушки, °С	время сушки		

*Масляный (ГОСТ 15030—69)*

КФ-965	210	12—14 мин	Уайт-спирит, скипидар	Покрытие листовой электротехнической стали расслоенных магнитопроводов электрических машин и аппаратов
--------	-----	-----------	-----------------------	--

*Битумно-масляный (ГОСТ 6244—70)*

БТ-982	20	12—14 мин	Бензин, толуол	Покрытие пропитанных обмоток
БТ-987	105	6—8 мин	Бензин, толуол, скипидар, уайт-спирит	Пропитка обмоток
БТ-988	105	2—3 ч	То же	То же

*Глифталево-масляный (ГОСТ 8018—70)*

ГФ-95	105	1—2	Ксилол, скипидар, сольвент-нафта и их смеси	Пропитка и покрытие обмоток трансформаторов, работающих в масле
-------	-----	-----	---	---

Обозначение лака	Режим высыхания		Разбавитель	Область применения
	температура сушки, °С	время сушки		

*Алкидно-меламиновый (ГОСТ 15865—70)*

МЛ-92	105	0,5—1 ч	Смесь толуола с уайт-спиритом	Пропитка обмоток статоров и роторов асинхронных электродвигателей мощностью до 100 кВт
-------	-----	---------	-------------------------------	--

*Кремнийорганические (соответственно: ТУ 6-02-690—72, ТУ 6-02-753—73, ТУ ОАИ 504-135—70)*

КО-916К	200	15—20 мин	Этилцеллозольв	Пропитка обмоток электрических машин и аппаратов Пропитка обмоток электрических машин и аппаратов То же
КО-991-1	200	0,5—1 ч	Толуол	
КО-964	200	1—2 ч	Ксилол	

*Водно-эмульсионный (ТУ ОАБ-504-022)*

ТФЛ-8В	125	0,5—1 ч	Вода	Пропитка обмоток электрических машин и аппаратов низкого напряжения
--------	-----	---------	------	---

Таблица 43. Электроизоляционные эмали

Обозначение	Режим высыхания		Разбавитель	Область применения
	температура сушки, °С	время сушки, ч		

*Глифталево-масляные (ГОСТ 9151—59)*

ГФ-92ХС	20	20—24	Смесь толуола и каменноугольного уайт-сольвента	Покрытие неподвижных обмоток электрических машин и аппаратов. Отделка различных электроизоляционных деталей
ГФ-92ГС	105	3—4	То же	Покрытие обмоток электрических машин, работающих при температуре до 135° С

Обозначение	Режим высухания		Разбавитель	Область применения
	температура сушки, °С	время сушки, ч		

*Эпоксидная (ГОСТ 15943—70)*

ЭП-91	180	2—3	Толуол, ксилол, этиловый спирт и их смеси	Покрытие лобовых частей, узлов и деталей электрических машин и аппаратов
-------	-----	-----	---	--

*Кремнийорганические (ТУ 16-504-021—72)*

КО-935	120	1—2	Толуол	Покрытие лобовых частей, секций, катушек и других деталей электрических машин и аппаратов, длительно работающих при 180°С
КО-911	20	20—24	То же	Ремонтная, для лобовых частей секций, катушек и других узлов электрических машин и аппаратов. Отделка различных изоляционных деталей
КО-936	200	2—3	»	Покрытие обмоток секций, катушек и других частей электрических машин

*На основе глифталевых и карбамидных смол (ТУ МХП 2540—51)*

У-416	105	0,5—1	Смесь ксилола и бутанола	Окрашивание баков трансформаторов и других видов оборудования
-------	-----	-------	--------------------------	---

Т а б л и ц а 44. Пропиточные и заливочные компаунды

Обозначение	Температура размягчения, °С	Холодостойкость, °С, не выше	Область применения
-------------	-----------------------------	------------------------------	--------------------

*Пропиточные полиэфирные со стиролом*  
(ТУ ОАИ 504.153—72)

КГСМ-1	250	—60	Пропитка катушек трансформаторов и изготовление цементирующих масс для заделки торцов катушек трансформаторов и других обмоток, работающих при температурах до 120° С
КГСМ-2	250	—60	

*Пропиточные метакриловые* (ТУ 6 16-1602—71)

МБК-1	250	—50	Пропитка и заливка обмоток электрических машин и блоков электрических аппаратов
МБК-2	200	—60	
МБК-3	200	—60	

*Пропиточный полиэфирный* (ТУ ОАБ 504-017—72)

КП-18	Не размягчается	—50	Пропитка обмоток электрических машин общепромышленного назначения, трансформаторов, узлов аппаратов, работающих при температурах от —60 до +130° С
-------	-----------------	-----	--

*Заливочные полиуретановые со стиролом*  
(соответственно: ТУ ОАИ 504.162—72; ТУ ОАИ 504.161—72)

К-30к	Не размягчается	—80	Заливка различных приборов и аппаратов, работающих при температурах от —80 до +150° С
К-31	То же	То же,	

*Пропиточные олиговинилсилоксановые* (ТУ ОАИ 504.144—71)

К-67Ф, К-67	Не размягчается	—80	Пропитка обмоток электрических машин и аппаратов, работающих при температуре 180° С
----------------	-----------------	-----	---

*Заливочный на основе резинатов канифоли и битума*

КХЗ-156-ВЭИ	80—82	—40	Заливка кабельных муфт и изоляторов
-------------	-------	-----	-------------------------------------

Таблица 45. Клеевые составы

Марка	Режим отверждения		Рабочая температура, °С	Область применения
	температура, °С	время, ч		

*Фенолформальдегидные (ГОСТ 1272—66)*

БФ-2, БФ-4	25—40	72	От —60 до +60	Склеивание металлов, пластмасс, керамики, стекол, фибры
---------------	-------	----	------------------	---

*Фенолформальдегидный, модифицированный поливинилацетатом и алкоксиланом (ТУ УХ11—61)*

ВС-10Т	180	2	До +300	Склеивание металлов и нагревостойких неметаллических материалов
--------	-----	---	---------	---

*Эпоксидный горячего отверждения (ВТУ П-240—61)*

БОВ-1	18—25	20—24	От —60 до +120	Склеивание металлов, пластмасс и инертных полимеров (полиэтилен, фторопласт-4, капрон)
-------	-------	-------	-------------------	--

*Мастика (МРТУ 6-09-1211—64)*

ЛН	20	48	От —60 до +120	Закрепление отдельных проводов жгутов на платах и стенках электрических аппаратов и приборов. Склеивание пластмасс с металлом
----	----	----	-------------------	---

*Полиамидный (МРТУ М-800—61)*

МФ-1	155±5	1	От —60 до +120	Склеивание металлов
------	-------	---	-------------------	---------------------

*Эпоксидный холодного отверждения (ВТУ П-23—60)*

К-168	20	24	От —60 до +70	Склеивание черных и цветных металлов, неметаллических материалов (фарфор, керамика, пластмассы)
-------	----	----	------------------	---

*Бутилметакриловый (СТУ 12-10-259—59)*

БМК-5	20	1	До +120	Склеивание стеклопластика металла с бетоном (ремонт бетонных реакторов)
-------	----	---	---------	---

**Таблица 46. Электроизоляционный картон для аппаратов с масляным заполнением (ГОСТ 4196—68)**

Марка	Толщина, мм	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пробивное напряжение при 50 Гц, кВ	Область применения
А	2; 2,5; 3	900—1000	40	Детали главной изоляции трансформаторов (цилиндры, угловые шайбы, экраны)
Б	1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6	1000—1150	50	Электроизоляционные детали в аппаратах и трансформаторах
В	2; 2,5; 3	1150—1250	55	Продольная изоляция трансформаторов
Г	0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3	1000—1200	46	Детали общего назначения трансформаторов (яровая, опорная изоляция и др.)

Примечание. Электроизоляционные картоны разделяют на два вида: работающие в электроизоляционной жидкости и в воздушной среде.

**Таблица 47. Электроизоляционный картон для работы в воздушной среде (ГОСТ 2824—75)**

Марка	Толщина, мм	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Электрическая прочность при 50 Гц, МВ/м	Область применения
ЭВ	0,1—3	950—1150	8—11	Каркасы катушек прокладки и другие детали с последующей пропиткой лаком
ЭВС	0,2—0,4	1250	11—12	
ЭВП	0,1—0,3	1250	11—12	
ЭВТ	0,1—0,5	1150	12—13	

Примечание. Для картонов, предназначенных для работы в воздушной среде, нормируются значения электрической прочности.

Таблица 48. Асбестовый картон КАЭ (ГОСТ 2824—75)

Толщина, мм	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Размеры листов, мм	Область применения
2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5; 6; 8; 10	1000—1300	900×900 900×1000 1000×1000	Огнезащитный термо- и электроизоляционный материал в электрооборудовании

Таблица 49. Электроизоляционная лакоткань (ГОСТ 2214—70)

Марка	Толщина, мм	Область применения
ЛХМ-105	0,15; 0,17; 0,2; 0,24; 0,3	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
ЛХМС-105	0,17; 0,2	То же, но с повышенными электрическими свойствами. Допускается работа в трансформаторном масле
ЛХММ-105	0,17; 0,2; 0,24	Для работы в горячем трансформаторном масле
ЛХБ-105	0,17; 0,2; 0,24	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
ЛШМ-105	0,08; 0,1; 0,12; 0,15	То же, но обладающая стойкостью к кратковременному повышению температуры
ЛШМС-105	0,04; 0,05; 0,06; 0,1; 0,12; 0,15	То же, но с повышенными электроизоляционными свойствами. Допускается работа в трансформаторном масле
ЛКМ-105	0,1; 0,12; 0,15	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях. С повышенной эластичностью
ЛКМС-105	0,1; 0,12; 0,15	То же, но с повышенными электрическими свойствами. Допускается работа в трансформаторном масле

Примечания: 1. Буквы в обозначении марок лакотканей: Л — лакоткань, Х — хлопчатобумажная, Ш — шелковая, К — капроновая, М (на третьем месте) — на основе масляного лака, Б — на основе битумно-масляного лака, С (на четвертом месте) — специальная, М — маслястойкая.

2. Число 105 — температура, характеризующая нагревостойкость по ГОСТ 8865—70

3. Лакоткань изготавливают шириной 700—930 мм и поставляют в рулонах, содержащих не менее 40 м ткани.

**Т а б л и ц а 50. Электроизоляционная стеклолакоткань  
(ГОСТ 10156—70)**

Марка	Толщина, мм	Область применения
ЛСМ-105/120	0,15; 0,17; 0,2; 0,24	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
ЛСММ-105/120	0,17; 0,20; 0,24	Для работы в горячем трансформаторном масле с температурой до 105° С
ЛСБ-105/120	0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,24	Для работы на воздухе при повышенной влажности (относительная влажность 95% при 20° С)
ЛСП-105/155	0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17	Для работы на воздухе при повышенной влажности. Допускается работа в горячем трансформаторном масле
ЛСК-155/180	0,05; 0,06; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17; 0,2	Для работы на воздухе, но с повышенной нагревостойкостью и влагостойкостью

Примечания: 1. В обозначении марок стеклолакоткани буквы означают. Л (вначале)—лакоткань, С (на втором месте)—стеклянная, М—(на третьем месте)—на основе масляного лака, Б—на основе битумно-масляноалкидного лака, П—на основе полиэфирно-эпоксидного лака, К—на основе кремнийорганического лака, М—маслостойкая, числа, следующие за ними, например 180, означают температуру, характеризующую нагревостойкость стеклолакоткани (ГОСТ 8865—70), причем если эта температура в зависимости от применения материала в конструкции имеет несколько значений, то через дробь указывают пределы этих значений (например, 105/120).

2. Стеклолакоткани выпускают в рулонах шириной 690, 790, 890, 990 мм.

**Т а б л и ц а 51. Изоляционная прорезиненная лента  
(ГОСТ 2162—68)**

Толщина, мм	Ширина, мм	Длина ленты в одном круге, мм	Область применения
0,25— —0,35	10; 15; 20; 25; 30; 40; 50	55—85	Для промышленного применения
0,25— —0,35	10; 15; 20	20 и 50	Для широкого потребления

Примечание. Ленту для промышленных целей выпускают одностороннюю обычной липкости и двустороннюю обычной и повышенной липкости; для широкого потребления—одностороннюю и двустороннюю обычной липкости.

Т а б л и ц а 52. Хлопчатобумажные ленты (ГОСТ 4514—71)

Наименование	Ширина, мм	Толщина, мм	Область применения
Киперная	10; 12; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 50	0,45	Изоляция обмоток электрических машин и аппаратов; для скрепления изоляции обмоток и в качестве бандажной изоляции для временных покрытий
Тафтяная	10; 12; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 50	0,25	
Миткалевая	12; 16; 20; 25; 30; 35;	0,22	
Батистовая	10; 12; 16; 20	0,12; 0,16; 0,18	

Т а б л и ц а 53. Поливинилхлоридная электроизоляционная лента ПВХ (ГОСТ 16214—70)

Ширина, мм	Толщина, мм	Область применения
15, 20, 30, 40	0,20	Сращивание кабелей с неметаллическими оболочками, изоляция соединений в устройствах низкого напряжения
20, 30, 50	0,30	
30	0,40	
50	0,45	

Т а б л и ц а 54. Смоляная изоляционная лента (ТУ 16503.020—68)

Ширина, мм	Толщина, мм	Область применения
30, 50, 60, 75	0,6; 0,8; 1	Уплотнение мест ввода кабелей и проводов в соединительные муфты, коробки зажимов тяговых электродвигателей

Примечание. Смоляную ленту выпускают в роликах. Длина ленты в ролике должна составлять: для толщины 0,6 мм — 32 м, для толщины 0,8 мм — 27 м и для толщины 1 мм — 20 м, при этом количество разрезов в ролике должно быть не более одного.

Таблица 55. Электроизоляционная самосклеивающаяся лента ЛЭТСАР (ГОСТ 17617—72)

Ширина, мм	Толщина, мм	Внешний вид	Электрическая прочность, МВ/м	Область применения
26	0,2	Лента красного или белого цвета, прямоугольного профиля	20	Электрические машины и аппараты электрооборудования (в качестве эластичной термостойкой изоляции класса нагревостойкости Н)

Примечания: 1. Ленту выпускают роликами диаметром 13—15 см и длиной 25—40 м. Для предупреждения самосклеивания между слоями ленты прокладывают полиэтиленовую пленку.

2. По комплексу основных свойств лента превосходит все типы изоляции на основе слюды.

Таблица 56. Электроизоляционная лакобумага (ГОСТ 18459—73)

Марка	Ширина, мм	Толщина, мм	Пробивное напряжение, кВ	Область применения
БКЛ	400—600	0,04	2,2	Изоляционный материал в электрических приборах, аппаратах и трансформаторах для работы при температуре до 105°С и межслойная изоляция наружных поверхностей
		0,05	2,5	
БХЛ	670—1000	0,05	2,5	
		0,06	3	
БТЛ	440—500	0,08	3,8	
		0,08	3,5	
		0,1	4	

Примечания: 1. Буквы в марке лакобумаги означают: буква Б — бумага, К — конденсаторная, Х — хлопковая или микалента, Т — телефонная, Л — лакированная (пропитанная лаком).

2. Выпускается в катушках и роликах.

Таблица 57. Электротехнический листовой гетинакс (ГОСТ 2718—74)

Марка	Толщина, мм	Область применения
I	0,2—50	Детали электронизоляционного назначения, работающие при температуре от —60 до +105°С на воздухе при нормальной влажности (45—75%) и в трансформаторном масле при напряжении до 1000 В и частоте 50 Гц, и панели распределительных устройств, щитов и изоляционных перегородок

Марка	Толщина, мм	Область применения
II	0,4—50	То же, но с расширенными допусками по толщине
III	5—50	Детали с несколько повышенными требованиями по влажности
IV	2—50	Детали, работающие при тропической влажности и температуре
V-1 и V-2	5—50	Детали, работающие в маслонаполненной высоковольтной аппаратуре

Примечание. Гетинакс выпускают листами шириной 450—930 мм и длиной 700—1430 мм.

Таблица 58. Электротехнический листовой текстолит (ГОСТ 2910—74)

Марка	Толщина, мм	Область применения
А	0,5—50	Детали для работы в трансформаторном масле, а также на воздухе при относительной влажности 45—75% при частоте 50 Гц. Длительно допускается температура от —60 до +105°С
Б	0,5—50	Детали для работы на воздухе при тех же условиях (кроме работы в трансформаторном масле), но с повышенными механическими свойствами
ЛТ	0,3—3,8	Детали для работы на воздухе при повышенной влажности (95%) и частоте 50 Гц

Примечание. Текстолит выпускают листами шириной 450—980 мм и длиной 600—1800 мм.

### Глава III. ОБОРУДОВАНИЕ, МЕХАНИЗМЫ, ИНСТРУМЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

#### 10. Грузоподъемные механизмы

Для подъема и перемещения электрооборудования и конструкций во время ремонтных работ и ЭРЦ предприятий применяют различные грузоподъемные механизмы, приспособления, транспортные средства.

Технические данные грузоподъемных механизмов, приспособлений, используемых для ремонта электрооборудования, приведены в табл. 59—72.

Т а б л и ц а 59. Лебедки с электроприводом

Технические данные	Грузоподъемность лебедки, кг				
	1,25	5	10	15	30
Мощность электродвигателя, кВт	0,6	2,8	3,6	4,5	16
Частота вращения электродвигателя, об/мин	1410	1420	1440	910	750
Скорость подъема груза, м/мин	10,5—9,7	21	23,8—16,5	23,9—24	24,1—16,6
Диаметр каната, мм	4,8	7,7	9,5	13	19,5
Диаметр барабана, мм	180	270	295	319	325
Канатоемкость, м	60	80	100	120	210
Масса лебедки с канатом, кг	119	220	510	725	1350

Т а б л и ц а 60. Лебедки с ручным приводом (облегченные)

Технические данные	Грузоподъемность, кН		
	2,5	5	10
Усилие на рукоятке, Н	150	150	150
Скорость наматывания каната на барабан, м/мин	3	1,6	0,8
Канатоемкость, м	35	35	35
Масса лебедки без каната, кг	18,5	27,1	33,2

Т а б л и ц а 61. Лебедки с ручным рычажным приводом

Технические данные	Грузоподъемность, кН	
	15	30
Усилие на рычаге, Н	350	450—700
Длина рычага, мм	1080	1200
Длина, на которую протягивают канат за двойной ход рычага, мм	32	26—36
Масса лебедки без каната, кг	18	26
Масса лебедки с канатом, кг	34	54
Рабочий канат с металлическим сердечником ТК 7×19 (ГОСТ 3067—74):		
диаметр, мм	12	16,5
длина, мм	20	15
разрывное усилие, кН	830	2000

Т а б л и ц а 62. Электрические тали ТЭ (ГОСТ 3472—63)

Технические данные	Грузоподъемность, кН			
	5	10	20	30
Высота подъема груза, м	6; 12; 18	6; 12; 18	6; 12; 18	6; 10; 20
Скорость подъема, м/мин	8	8	8	8
Скорость передвижения, м/мин	20	20	20	20
Диаметр каната, мм	6,2	8,7	11	13
Мощность электродвигателя подъема, кВт	0,85	1,8—2,7	3—3,5	4,5
Мощность электродвигателя передвижения, кВт	0,08	0,65	0,65	1
Размеры тали в стянутом состоянии, мм	585, 630	1100	1200	1650, 1800
Допустимый радиус поворота, мм	1000	1500	1500	2500

Т а б л и ц а 63. Ручные передвижные червячные тали (ГОСТ 1106—74)

Технические данные	Грузоподъемность, кН			
	10	32	50	100
Высота подъема груза, м	3	3	3	3
Размер тали в стянутом состоянии, мм (до монорельса)	350	620	780	1110
Тяговое усилие в цепи при подъеме, Н	300	600	750	750
Тяговое усилие в цепи при передвижении, Н	100	120	180	230
Допустимый радиус поворота, мм	1500	2000	2300	3500
Масса тали с пластинчатыми цепями, кг	45	100	200	400

Т а б л и ц а 64. Ручные шестеренчатые тали (ГОСТ 2799—75)

Технические данные	Грузоподъемность, кН			
	50	100	200	300
Высота подъема груза, м	3	3	3	3
Размер тали в стянутом состоянии, мм	320	460	470	680
Тяговое усилие на цепи механизма подъема, Н	320	320	500	500
Скорость подъема груза, м/мин	0,9	0,9	0,9	0,9
Масса тали со сварными калиброванными цепями, кг	20	30	50	70

Т а б л и ц а 65. Винтовые домкраты

Тип	Грузо-подъемность, кН	Высота подъема груза, мм	Минимальная высота домкрата, мм	Масса, кг
Бутылочный малогабаритный	25	35	130	2,8
	30	45	180	4,3
	50	70	240	7,1
БО-3	30	130	300	6,2
БО-5	50	300	510	17
БТ-5	50	300	510	21

Т а б л и ц а 66. Гидравлические домкраты

Тип	Грузо-подъемность, кН	Высота подъема груза, мм	Максимальное рабочее давление, МПа	Максимальная высота домкрата, мм	Масса, кг
ДГС-2 с приводом	50	140	40	245	7,3
ДГС-1 с приводом	100	150	35	300	16,6
ДГ-50 с приводом	500	150	40	370	67

Т а б л и ц а 67. Реечные домкраты

Тип	Грузоподъемность, кН	Высота подъема груза, мм	Наименьшая высота подъема лапы, мм	Масса, кг
РД-3	30	400	60	27
РД-5	50	400	67	32

Т а б л и ц а 68. Блоки и полиспасты

Технические данные	Грузоподъемность, кН			
	5	10	20	50

*Блоки*

Усилие на тяговой ветви каната, кН	2,75	5,5	11	27,5
Масса поднимаемого груза, кг	250	500	1000	2500

*Полиспасты*

Усилие на тяговой ветви каната, кН	1,9	3,8	7,6	19,5
Масса поднимаемого груза, кг	340	680	1359	3400
Длина с поднятым крюком, мм	690	1000	1200	1650

Таблица 69. Стводные блоки с откидной щекой

Технические данные	Грузоподъемность, кН	
	30	50
Диаметр ролика, мм	140	180
Диаметр троса, мм	17,5	17,5
Масса, кг	10,2	20

Таблица 70. Блоки конструкции треста «Центроэнергомонтаж» (с крюком)

Технические данные	Грузоподъемность, кН				
	10	30	50	100	200
Число роликов, шт.	1	1	1; 2	1; 2	2; 3
Диаметр ролика, мм	100	140	180; 140	260; 180	180; 350
Диаметр троса, мм	7,4	11	15,5; 11	22; 15,5	78; 68,6
Масса, кг	3,6	15,6	31; 30,5	78; 68,6	68,6; 36

Таблица 71. Малогабаритные полиспастные блоки

Технические данные	Грузоподъемность, кН		
	5	30	50
Габариты, мм:			
длина	172	300	290
ширина	102	144	180
высота	78	139	158
Наибольший диаметр каната, мм	6	10	12

Таблица 72. Однороликовые блоки для пеньковых канатов

Технические данные	Грузоподъемность, кН		
	1	2,5	5
Диаметр ролика, мм	90	116	170
Диаметр каната, мм	14,3	18,1	28,7
Масса, кг	2,5	4,9	11,6

## 11. Канаты

Канаты применяют для строповки груза к крюкам грузоподъемных механизмов, для вязки (чалки) груза при транспортировке и перемещении, в различных грузоподъемных устройствах в качестве грузовых, стреловых, вантовых и тяговых канатов (табл. 73—78). В зависимости от материала их подразделяют на стальные (тросы), пеньковые, хлопчатобумажные и капроновые.

Наибольшее распространение получили стальные канаты (табл. 73). Они могут быть одинарной (когда канат свивают непосредственно из проволок) и двойной (когда проволоки свивают в пряди, а пряди в канат) свивки. Канаты двойной свивки называют тросами. По расположению проволок в слоях прядей канаты выполняют нескольких типов — с линейным, точечным или комбинированным точечно-линейным касанием проволок между слоями в прядях и соответственно обозначают ЛК, ТК и ЛТК или ТЛК. Канаты двойной свивки бывают с органическим или металлическим сердечником.

Для стропов и чалочных канатов, которые подвергаются резким изгибам при строповке груза, применяют особо мягкие канаты, например ТК из шести прядей по 61 проволоке в пряди, для грузовых канатов — мягкие, например ТК или ТЛК из шести прядей по 37 проволок или ЛК с органическим сердечником из шести прядей по 36 проволок ГОСТ 3071—74. Для расчалок и оттяжек применяют жесткие канаты, например из шести прядей по 19 проволок и т. д. (ГОСТ 3070—74).

Канаты для грузоподъемных механизмов и грузозахватных устройств выбирают по формуле расчета прочности стальных и пеньковых канатов:

$$K \leq \frac{P}{S} \text{ или } P = SK,$$

где  $K$  — наименьший допускаемый коэффициент запаса прочности каната;  $P$  — разрывное усилие каната (нагрузка, при которой образец каната рвется при испытании на разрыв), Н. Это усилие приводится в паспорте каната. Если в паспорте указано суммарное разрывное усилие всех отдельных проволок ( $P_{\text{сум}}$ ), тогда действительное разрывное усилие принимают равным  $0,83 \times P_{\text{сум}}$ ;  $S$  — натяжение ветви каната под действием груза, Н. При применении полиспаста учитывают его кпд.

Т а б л и ц а 73. Выбор типов стальных канатов в зависимости от их назначения

Назначение каната	Тип каната	Конструкция каната		
		число прядей	число проволок	всего проволок в канате
Стропы (для кранов и других приводных механизмов)	Особо мягкий 6×61+1	6	61	366
Ручные лебедки, полиспасты (канаты подвергаются изгибу)	Мягкий 6×37+1	6	37	222
Расчалки, оттяжки, винты (канаты не подвергаются изгибу)	Жесткий 6×19+1	6	19	114

П р и м е ч а н и е. Канаты, применяемые при такелажных работах, должны быть проверены расчетом.

Таблица 74. Стальные канаты двойной свивки ТК конструкции  $6 \times 19(1+6+12)$  с органическим сердечником (ГОСТ 3070—74)

Диаметр, мм	Расчетное разрывное усилие, кгс (кН), не менее		Масса 1000 м каната, кг
	с пределом прочности на разрыв 160 кгс/мм <sup>2</sup> (1600 МПа)	с пределом прочности на разрыв 180 кгс/мм <sup>2</sup> (1800 МПа)	
3,3	—	553 (5,42)	35,5
3,6	—	669 (6,56)	42,9
3,9	—	795 (7,8)	51
4,2	—	930 (9,11)	59,8
4,5	—	1075 (10,53)	69,3
4,8	—	1240 (12,15)	79,6
5,5	1415 (13,9)	1590 (15,6)	102,6
5,8	1585 (15,53)	1785 (17,6)	114,5
6,5	1970 (19,31)	2220 (21,75)	142,5
8,1	3075 (30,13)	3370 (33,03)	222
9,7	4422 (43,31)	4844 (47,42)	319
13	7845 (76,88)	8560 (83,9)	565,5
14,5	9900 (97,02)	10 800 (105,9)	715

Таблица 75. Стальные канаты двойной свивки ТК конструкции  $6 \times 37(1+6+12+18)$  с органическим сердечником (ГОСТ 3071—74)

Диаметр, мм	Расчетное разрывное усилие, кгс (кН), не менее		Масса 1000 м каната, кг
	с пределом прочности на разрыв 160 кгс/мм <sup>2</sup> (1600 МПа)	с пределом прочности на разрыв 180 кгс/мм <sup>2</sup> (1800 МПа)	
5	—	1250 (12,25)	82,5
5,4	—	1480 (14,5)	98,1
5,8	—	1745 (17,1)	115,5
6,3	—	2025 (19,84)	134
6,7	—	2320 (22,74)	153,5
7,6	2650 (25,1)	2980 (29,2)	197
8,5	3310 (32,44)	3725 (36,05)	246
9	3685 (36,11)	4145 (40,62)	273,5
11,5	5750 (56,35)	6255 (61,31)	427
13,5	8240 (80,75)	8960 (87,8)	613,5

Таблица 76. Наименьший допустимый коэффициент запаса прочности канатов

Назначение каната	Характер привода	Режим работы грузоподъемного механизма	Коэффициент запаса прочности, K
Грузовые и стреловые	Ручной	—	4

Назначение каната	Характер привода	Режим работы грузоподъемного механизма	Коэффициент запаса прочности, К
	Машинный	Легкий	5
	»	Средний	5,5
	»	Тяжелый и весьма тяжелый	6,0
Тяговые канаты, применяемые на кранах	—	—	4
Стропы из стальных канатов для подъема грузов с обвязкой или зацепкой крюками, кольцами или серьгами	—	—	6
Стропы из пеньковых канатов	—	—	8

Примечания: 1. Запасом прочности каната называется отношение разрывного усилия каната к допустимой нагрузке.

2. Легкий режим работы грузоподъемного механизма характеризуется большими перерывами в работе при максимальных нагрузках, незначительными скоростями передвижения и подъема; средний — непрерывной работой при различных по величине нагрузках, средними скоростями передвижения и подъема; тяжелый — работой при нагрузках, близких к максимальным, с большими скоростями передвижения и подъема; весьма тяжелый — большими скоростями при нагрузках, почти равных максимальным.

Таблица 77. Пеньковые трехрядные крученые канаты (ГОСТ 483—75)

Диаметр (ориентировочно), мм	Размер по окружности, мм	Разрывная нагрузка на канат в целом, кгс (кН), не менее	
		белый	смоляной
10	30	628 (6,15)	600 (5,9)
11	35	740 (7,25)	710 (6,96)
13	40	980 (9,6)	940 (9,21)
14	45	1200 (11,76)	1150 (11,27)
16	50	1500 (14,7)	1480 (14,5)
19	60	2080 (20,38)	1990 (19,50)
20	70	2820 (27,63)	2700 (26,46)

Таблица 78. Капроновые канаты (ГОСТ 10293—77)

Диаметр, мм	Размер по окружности, мм	Разрывная нагрузка на канат, кгс (кН), не менее	Масса 100 м каната, кг
7,9	25	1010 (9,8)	4,3
9,6	30	1240 (12,15)	5,4
11,1	35	1730 (16,95)	7,5
12,7	40	2260 (22,14)	10
15,9	50	3600 (35,28)	15,7
19,1	60	5070 (49,69)	22,8
22,2	70	6850 (67,13)	30,8
25,5	80	8900 (87,22)	40,2

## 12. Стропы

Стропами называют приспособления, предназначенные для крепления груза к крюку грузоподъемного механизма. Их изготавливают из мягкого стального троса, пеньковых и капроновых канатов.

Для такелажных работ при ремонте электрооборудования применяют стропы заводского изготовления. Наибольшее распространение нашли стропы, изготовленные из стального троса заводами Минмонтажспецстроя, технические данные которых приведены в табл. 79, 80.

Т а б л и ц а 79. Стропы, применяемые при такелаже электрооборудования

Типы стропов	Допускаемая нагрузка, тс (кН)	Длина стропа, м	Масса, кг
Универсальный (кольцевой)	3 (29,4)	5	12,6
	5 (49,5)	8	26,7
Универсальный (кольцевой) с замком и канатом управления длиной 8,8 м	3 (29,4)	8	17,2
	5 (49,5)	8	31,5
Одноветвевые с крюком	0,5 (4,9)	1	1,3
	1,5 (17,7)	1	4,8
Одноветвевые с коушами	1 (9,8)	4	3,3
	2 (19,6)	6	5,6
	3 (29,4)	6	8,3
Двухветвевые с крюками	3 (29,4)	3,5	17,8
	5 (49,5)	3,5	32,4

Т а б л и ц а 80. Замки со стропами

Тип замка	Диаметр каната, мм	Допускаемая нагрузка, тс (кН)	Масса, кг
ЗС-1	11,5	1 (9,8)	10
ЗС-3	17,5	3 (29,4)	17,5
ЗС-5	20	5 (49,5)	28

Каждый строп должен быть снабжен жетоном, на котором указывают марку стропа, грузоподъемность и дату испытания.

Опасный износ и отбраковка стального каната определяются по количеству оборванных проволок на шаге свивки (длина каната, на протяжении которого прядь делает полный оборот вокруг его оси). Если число оборванных проволок на длине одного шага свивки равно или больше указанного в табл. 81, канат бракуют.

При уменьшении диаметра проволок каната в результате поверхностного износа или коррозии проволок число обрывов на шаг свивки должно быть уменьшено согласно табл. 82.

Таблица 81. Число обрывов проволок на длине одного шага свивки каната, при котором канат должен быть забракован

Первоначальный коэффициент запаса прочности каната	Конструкция каната и свивки					
	6×19=114 и один органический сердечник		6×37=222 и один органический сердечник		6×61=366 и один органический сердечник	
	крестовая	односторонняя	крестовая	односторонняя	крестовая	односторонняя
До 6	12	6	22	11	36	18
6—7	14	7	26	13	38	19
Свыше 7	16	8	30	15	40	20

Таблица 82. Нормы браковки каната в зависимости от поверхностного износа или коррозии

Уменьшение диаметра проволок в результате поверхностного износа или коррозии, %	Число обрывов проволок на шаге свивки, %*
10	85
15	75
20	70
25	60
30	50
40 и более	Канат бракуется

\* См. табл. 81.

### 13. Электрифицированный инструмент

Электрические сверлильные машины (электросверлилки), электрогайковерты, электрошуруповерты и другие электрифицированные ручные инструменты и приспособления широко применяют в практике ремонтных работ (табл. 83).

Таблица 83. Электроинструменты

Параметры	Электрогайковерт			Электрошуруповерт	Электроножницы
	ИЭ-3105	ИЭ-3102	С-680	ИЭ-3601	ИЭ-5402
Мощность, кВт	0,27	0,4	0,27	0,12	0,4
Напряжение, В	220	220	36	36	220
Частота, Гц	50	50	200	200	50
Частота вращения шпинделя, об/мин	650	850	750	700	—
Наибольший диаметр резьбы, мм	16	27	20	6	—
Масса, кг	3,8	5,5	3,15	2,6	4,8

Электросверлилки служат для сверловки отверстий, но могут быть использованы и для выполнения других ремонтных операций (шлифовки, очистки поверхностей стальной щеткой и т. д.) путем вставки в шпindel сверлилки вместо сверла соответствующей насадки.

Электросверлилки выпускают на напряжение 220 В переменного тока с частотой 50 Гц и на напряжение 36 В с частотой 200 Гц. Их различают по типам в зависимости от величины максимального диаметра сверления. При напряжении 220 В применяют электросверлилки ИЭ-1008 для отверстий до 9 мм, ИЭ-1013 до 15 мм, ИЭ-1014 до 20 мм, ИЭ-1015 до 23 мм. При напряжении 36 В применяют электросверлилки ИЭ-1002, которые допускают радиус сверления до 6 мм, ИЭ-1009 до 9 мм, ИЭ-1012 до 15 мм и ИЭ-1017 до 20 мм.

Для возможности подключения электроинструмента напряжением 36 В к сети 380—220 В используют трехфазные преобразователи частоты тока (табл. 84), которые преобразуют напряжение 380—220 В на 36 В и частоту 50 Гц на 200 Гц и обеспечивают одновременное питание электрической энергией несколько электроинструментов, имеющих высокочастотный привод (36 В, 220 В).

Т а б л и ц а 84. Преобразователи частоты тока

Параметры	ИЭ-9401	ИЭ-9402	ИЭ-9403	С-759
Род тока	Переменный трехфазный			
Напряжение, В:				
первичное	380/220	380/220	380/220	380/220
вторичное	36	230	36	36
Частота тока, Гц:				
первичная	50	50	50	50
вторичная	200	200	200	200
Мощность:				
потребляемая, кВт	5,8	5,4	2	1
отдаваемая, кЭ·А	4	3,75	1,2	0,6
Ток, А:				
первичный	10/17,3	—	5,6/9,7	2,7/4,7
вторичный	67	—	19,2	9,6
Габариты, мм:				
длина	603	600	—	—
ширина	282	375	—	—
высота	340	310	248	260
диаметр	—	—	335	250
Масса, кг	63	73	39	20

Промышленность выпускает также электроинструменты для непосредственного подключения на напряжение 220 В с двойной изоляцией, которая обеспечивает безопасность работ для ремонтного персонала,

Двойная изоляция — устройство в электроприемнике двух независимых одна от другой ступеней изоляции, выполненных таким образом, что повреждение одной из них не приведет к появлению потенциала на металлических частях электроинструмента, доступных прикосновению.

К таким электроинструментам относятся электросверлилки на напряжение 220 В ИЭ-1020 для отверстий до 6 мм, ИЭ-1019 до 9 мм, ИЭ-1012 до 15 мм и ИЭ-1023 до 20 мм.

#### 14. Сварочные трансформаторы, преобразователи и выпрямители

В практике ремонтных работ необходимо выполнять различные сварочные операции (например, заварку трещин и швов бака трансформатора выполняют с помощью электродуговой сварки и т. д.). Для этих целей в ЭРЦ организуют сварочный участок или пост.

Для ручной, полуавтоматической или автоматической сварки, резки и наплавки металла переменным и постоянным током в качестве источника питания применяют сварочный трансформатор (табл. 85), преобразователь (табл. 86) и выпрямитель (табл. 87).

Т а б л и ц а 85. Сварочные трансформаторы

Параметры	Тип					
	ТС-300	ТС-500	ТД-500	СТН-500	СТЭ-34у	СТШ-500
Номинальное первичное напряжение, В	220 или 380	220 или 380	220 или 380	220 или 380	220 или 380	380
Номинальный сварочный ток, А	300	500	500	500	500	250
Пределы регулирования сварочного тока, А	110— 385	165— 650	90— 650	80— 450	150—700	145— 650
Первичный ток, А, при напряжении:						
220 В	92	144	142	—	—	—
380 В	53	83	82	—	—	—
Нормальное рабочее напряжение, В	30	30	30	30	26,4	25
Номинальная мощность, кВ·А	20	32	32	32	30	20,5
Габариты, мм:						
длина	760	850	720	775	690	545
ширина	513	603	580	440	370	695
высота	1000	1095	850	700	660	425
Масса, кг	180	250	210	275	160	44

Таблица 86. Сварочные преобразователи

Параметры	Тип				
	ПСО-300	ПСО-500	ПСГ-500	ПСМ-1000*	ПД-501
Тип генератора	ГСО-300	ГСО-500	ГСГ-500	ГСМ-1000	ГСО-500
Номинальный сварочный ток, А	300	500	500	1000	500
Пределы регулирования сварочного тока, А	75—320	125—600	60—500	6×(15—300)	125—500
Напряжение холостого хода, В	47—73	58—86	—	60	50—90
Номинальное рабочее напряжение, В	30	40	40	60	40
Тип электродвигателя	AB62/4	A71/2	A71/2	A2-82-2	AB2-71-2B
Номинальная мощность, кВт	14	28	30	75	30
Номинальное напряжение, В	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380
Частота вращения, об/мин	1450	2930	2930	2925	2900
Габариты преобразователя, мм:					
длина	1026	1275	1054	1430	1075
ширина	590	770	590	620	650
высота	838	1080	870	910	1085
Масса преобразователя, кг	428	540	460	950	545

\* Многопостовой сварочный преобразователь комплектуется отдельно стоящим реостатом.

Сварочные трансформаторы обеспечивают преобразование переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 или 380 В в ток напряжением, которое необходимо при дуговой сварке, а также позволяют регулировать сварочный ток, для чего во вторичную (сварочную) цепь встраивают регулируемое индуктивное сопротивление.

Сварочные преобразователи предназначены для питания постоянным током сварочных постов по электродуговой сварке или резке; преобразователи ПСО — для одного сварочного поста; ПСМ-1000 — шести постов ручной дуговой сварки с применением балластных реостатов для регулировки режима сварки; ПСГ-500 — для питания одного сварочного полуавтомата, а ПД-501 — для питания шлангового автомата или полуавтомата при сварке под слоем флюса.

Сварочные выпрямители предназначены для ручной, полуавтоматической и автоматической сварки в среде инертного газа: ВКС и ВД используют для ручной сварки, ВС и ВГД — для автоматической и полуавтоматической в среде инертных газов.

Таблица 87. Сварочные выпрямители

Параметры	Тип			
	ВКС-500-1	ВД-301	ВД-303	ВС-300
Первичное напряжение питающей сети трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, В	220 или 380	220 или 380	220 или 380	380
Номинальный сварочный ток, А	500	300	300	300
Пределы регулирования сварочного тока, А	75—500	45—300	50—300	—
Номинальное выправленное напряжение и пределы регулирования напряжения, В	40	32	32	20—30
Потребляемая мощность, кВт·А	40	21	21	20,5
Коэффициент мощности (cos φ)	0,6	0,58	—	0,9
Масса, кг	410	230	270	250

## 15. Станки для намотки обмоток трансформаторов

Для намотки обмоток трансформаторов применяют горизонтально- и вертикально-намоточные станки (табл. 88, 89).

Таблица 88. Типы вертикально-намоточных станков для намотки обмоток трансформаторов

Параметры	Тип	
	ВН-1	ВН-2
Максимальный крутящий момент, Н·м	24 000	24 000
Частота вращения шайбы, об/мин	10—30	10—30
Диаметр планшайбы, мм	2000	2000
Максимальное перемещение траверсы, мм	2500	2200
Грузоподъемность, кН	100	200
Максимальный диаметр наматываемой обмотки, мм	3200	3200
Масса станка, т	22	28

**Т а б л и ц а 89. Типы горизонтально-намоточных станков  
для намотки обмоток трансформаторов из круглого  
и прямоугольного провода**

Параметры	Тип				
	ТТ-20	ТТ-21	ТТ-22	ТТ-23	ТТ-24
Максимальный крутящий момент, Н·м	2640	2640	2640	31 200	31 200
Частота вращения шпинделя при шести ступенях регулировки, об/мин	1,5—16,3	1,5—16,3	1,5—16,5	2,6—25	2,6—25
Диаметр планшайбы, мм	600	800	1000	1300	1300
Высота центров над уровнем станины, мм	1000/600	1000/600	1000	1000/600	1000
Межцентровое расстояние, мм	—	800	—	1000	—
Допустимая нагрузка на центры, Н	—	15 300	—	40 000	—
Максимальный диаметр наматываемой обмотки, мм	620	1100	1600	1800	1800
Масса станка, кг	1440	1500	1130	3850	3000

Примечание. Для намотки обмоток трансформаторов I—III габаритов используют преимущественно станки ТТ-20—ТТ-22, трансформаторов IV—VI габаритов — ТТ-23, катушек дисковой обмотки — ТТ-24 без задней бабки.

## Глава IV. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

### 16. Общие сведения об электрических машинах

Ремонт электрических машин осуществляют на специализированных предприятиях или в заводских электроремонтных цехах и отделениях.

В ремонт на специализированных предприятиях принимают укомплектованные электрические машины, т. е. такие, у которых имеются все основные детали.

Электрические двигатели мощностью до 100 кВт в ремонт не принимают, если у них разбит корпус, подшипниковые щиты, отбито более двух лап, величина зазора между статором и ротором асинхронных двигателей выше нормальной на 25% для двухполюсных и на 15% для электродвигателей с большим числом полюсов, а также при значительном повреждении активной стали.

Ремонтируют электрические машины с соблюдением требований, которые обеспечивают их эксплуатационную надежность:

1. Материалы, которые применяют при ремонте, должны соответствовать стандартам (ГОСТ) и техническим условиям (ТУ). Класс нагревостойкости электроизоляционных материалов должен быть не ниже, чем у завода-изготовителя

2. Предельно допустимые превышения температуры частей электрических машин, прошедших ремонт, должны удовлетворять требованию ГОСТ 183—74.

3. Допуски на высоту оси вращения и расположения отверстий на лапах для крепления электрических машин должны соответствовать ГОСТ 8592—78.

4. Отремонтированные машины должны быть укомплектованы деталями и очищены, обмотка, поверхность активной стали, крепление обмоток и схемы — покрыты лаком. Внутренняя поверхность подшипников щитов, вентиляторы и наружные поверхности электрических машин должны быть окрашены, а конец вала покрыт лаком или консервационной смазкой.

5. Обмотки и другие токоведущие части должны быть надежно закреплены, а пазовые клинья плотно забиты в пазы.

6. Подшипники должны работать спокойно и без течи масла. При длительной номинальной нагрузке температура подшипников качения не должна превышать  $100^{\circ}\text{C}$ , скольжения  $80^{\circ}\text{C}$ .

7. Электрические машины с перемотанными обмотками роторов или якорей или перепаянными или вновь наложенными бандажами должны выдерживать повышение частоты вращения без повреждений и остаточных деформаций в соответствии с ГОСТ 183—74.

8. Поверхность коллектора электрической машины должна быть шлифованной и иметь строго цилиндрическую форму.

9. Изоляция между пластинами должна быть продорожена, края пластин округлены и не иметь заусенцев; болты, прессующие коллектор, хорошо затянуты, бандажи коллектора плотно наложены и покрыты лаком или эмалью.

10. Отремонтированные электрические машины должны быть укомплектованы щетками соответствующих марок и размеров, хорошо притертыми к поверхности коллектора или контактных колец, а нажатие пружин отрегулировано. Зазор между щеткой и обоймой щеткодержателя должен быть в пределах 0,1—0,3 мм.

11. Сопротивление и электрическая прочность изоляции каждой из обмоток относительно корпуса электрической машины и между ее обмотками, а также между смежными витками должны удовлетворять ГОСТ 183—74.

12. Электрические машины в зависимости от вида машины и объема произведенного ремонта подвергают приемо-сдаточным испытаниям.

Асинхронные электродвигатели общего назначения выпускают в виде единых серий. Это значит, что машины одной серии при одинаковой мощности и частоте вращения, где бы они не изготовлялись, имеют общую конструкцию и одинаковые установочные размеры.

Машины единых серий изготавливают на основе широкой унификации деталей, а также сортамента материалов, в том числе подлежащих замене при ремонте (обмоточные провода, подшипники и др.).

До недавнего времени выпускались асинхронные электродвига-

тели унифицированной единой серии А и АО мощностью от 0,6 до 100 кВт. Взамен устаревшей серии была внедрена более совершенная унифицированная единая серия асинхронных электродвигателей А2 и АО2 с тем же диапазоном мощностей.

В настоящее время промышленность выпускает трехфазные асинхронные электродвигатели серии 4А (закрытые обдуваемые) и 4АН (защищенные). Четвертая серия охватывает диапазон мощностей от 0,12 до 400 кВт. Двигатели этой серии изготовляют на напряжения 220/380 и 380/660 В. Они предназначены для широкого применения и замены двигателей серии А2 и АО2.

В серии 4А принята новая система обозначения типа электродвигателя: вместо условного номера диаметра сердечника статора введена высота оси вращения, которая равна 50, 56, 71, 80, 90, 100, 112, 132, 160, 180 мм и более.

В табл. 90—98 приведены условные обозначения, шкала мощностей и другие технические данные электрических машин.

**Таблица 90 Буквенные обозначения трехфазных асинхронных электродвигателей единой серии**

Обозначение единой серии (основного исполнения)	Исполнение			
	защищенное		закрытое обдуваемое	
	чугунный корпус	алюминиевый корпус	чугунный корпус	алюминиевый корпус
А	А	АЛ	АО	АОЛ
А2	А2	—	АО2	АОП2
4А	4АН	—	4А	4АА

**Примечание.** Буквой А обозначают первую серию асинхронных электродвигателей, которая содержит семь габаритов 3—9 по наружному диаметру. Серия имеет два номера длины сердечника статора и состоит из 14 типоразмеров. В серию А2 входят двигатели 1—9 габаритов. 4А — новая серия асинхронных электродвигателей, которая заменит серию А2.

**Таблица 91. Буквенные обозначения асинхронных электродвигателей единой серии А2 и АО2 мощностью до 100 кВт**

Исполнение	Модификация	Обозначение	
		модификации	электродвигателя
Защищенное	Общего применения	—	А2
	С повышенным пусковым моментом	П	АП2
	С повышенным скольжением	С	АС2
	В алюминиевом корпусе	Л	АЛ2
Закрытое обдуваемое	С фазным ротором	К	АК2
	Общего применения	—	АО2
	С повышенным пусковым моментом	П	АОП2
	С повышенным скольжением	С	АОС2
	В алюминиевом корпусе	Л	АОЛ2

Исполнение	Модификация	Обозначение	
		модификации	электро-двигателя
	С фазным ротором Для текстильной промышленности	К Т	АОК2 АОТ2

Примечания: 1. Цифры, идущие после основного обозначения через тире, означают: первая — габарит по диаметру статора, вторая — порядковый номер длины статора. После этих цифр через тире указано число полюсов. Так, например, АО2-51-6 означает: асинхронный трехфазный электродвигатель единой серии АО2 в закрытом обдуваемом исполнении, V габарита, первый номер длины статора, с числом полюсов — шесть.

2. Для двигателей специальных исполнений в конце добавляют буквы, указывающие исполнение: X — химическое, Т — тропическое, В — влагохолодостойкое, Ш — малолшумное.

**Таблица 92. Буквенное и цифровое обозначение типоразмеров асинхронных электродвигателей единой серии 4А (ГОСТ 19523—74)**

Буквенное или цифровое обозначение	Значение буквы или цифры
4	Номер серии электродвигателя
А	Тип электродвигателя (асинхронный)
Н	Исполнение электродвигателя по способу защиты от окружающей среды (Н — защищенный; отсутствие данной буквы означает, что электродвигатель закрытый, обдуваемый)
А или X	Исполнение электродвигателя по материалу станины и щитов (первая буква означает, что станина и щиты алюминиевые; вторая буква означает, что станина — алюминиевая, щиты — чугунные; если буквы отсутствуют — это означает, что станина и щиты чугунные или стальные)
Две или три цифры S, M, L	Высота оси вращения электродвигателя Установочный размер по длине станины (буквы стоят после двух или трех цифр)
А или В	Длина сердечника статора
2; 4; 6; 8; 10 или 12	Число полюсов
У	Климатическое исполнение
3	Категория размещения по ГОСТ 15150—69

Примечание. В серии 4А принята новая система обозначения типоразмеров электродвигателя. Например, электродвигатель 4АА50А2У3 расшифровывается так: трехфазный асинхронный электродвигатель короткозамкнутый, защищенный, IV серии со станиной и щитами из алюминия с высотой оси вращения 50 мм, с установочным размером по длине станины А, двухполюсный, климатического исполнения У (умеренный климат), третьей категории.

**Таблица 93. Шкала мощностей асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором единой серии 4А закрытого обдуваемого исполнения со степенью защиты IP44 общего назначения, кВт**

Высота оси вращения, мм	Условная длина корпуса	Синхронная частота вращения, об/мин			
		3000	1500	1000	750
50	A	0,09	0,06	—	—
50	B	0,12	0,09	—	—
56	A	0,18	0,12	—	—
56	B	0,25	0,18	—	—
63	A	0,37	0,25	0,18	—
63	B	0,55	0,37	0,25	—
71	A	0,75	0,55	0,37	—
71	B	1,1	0,75	0,55	0,25
80	A	1,5	1,1	0,75	0,37
80	B	2,2	1,5	1,1	0,55
90	L	3	2,2	1,5	0,75
90	B	—	—	—	1,1
100	S	4	3	—	—
100	L	5,5	4	2,2	1,5
112	M	7,5	5,5	3	2,2
112	B	—	—	4	3
132	S	—	7,5	5,5	4
132	M	11	11	7,5	5,5
160	S	15	15	11	7,5
160	M	18,5	18,5	15	11
180	S	22	22	—	—
180	M	30	30	18,5	15
200	M	37	37	22	18,5
200	L	45	45	30	22
225	M	55	35	37	30
250	S	75	75	45	37
250	M	90	90	55	45

Примечания: 1. В новой серии асинхронных электродвигателей общего назначения — 4А охватывает диапазон мощностей от 0,12 до 400 кВт на напряжение 220/380 и 380/660 В. В этой серии принято распределение двигателей по высотам оси вращения от 50 до 350 мм.

2. Электродвигатели серии 4А по степени защиты выпускают в двух исполнениях: закрытом обдуваемом со степенью защиты IP44 для всего диапазона высот оси вращения и защищенном со степенью защиты IP23 для высот оси вращения от 160 до 250 мм (ГОСТ 14254—69).

**Таблица 94. Условное обозначение выводов обмоток машин постоянного тока (ГОСТ 183—74)**

Наименование обмотки	Обозначение вывода	
	начало	конец
Обмотка якоря	Я1	Я2
Компенсационная обмотка	К1	К2
Обмотка добавочных полюсов	Д1	Д2
Последовательная обмотка возбуждения	С1	С2
Независимая обмотка возбуждения	Н1	Н2
Параллельная обмотка возбуждения	Ш1	Ш2
Пусковая обмотка	П1	П2
Уравнительный провод и уравнительная обмотка	У1	У2
Обмотка особого назначения	О1, О3	О2, О4

**Таблица 95. Условное обозначение выводов обмоток трехфазных машин переменного тока (ГОСТ 183—74)**

Виды и схема соединения обмоток	Число выводов	Название вывода	Обозначение вывода	
			начало	конец
Обмотка статора: открытая схема	6	Первая фаза	C1	C4
		Вторая »	C2	C5
		Третья »	C3	C6
соединение звездой	3 или 4	Первая фаза		C1
		Вторая »		C2
		Третья »		C3
		Нулевая точка		0
соединение треугольником	3	Первый зажим		C1
		Второй »		C2
		Третий »		C3
Обмотка ротора: без вывода нулевой точки	3	Первая фаза		P1
		Вторая »		P2
		Третья »		P3
		Нулевая точка		0
с выводом нулевой точки	4	Первая фаза		P1
		Вторая »		P2
		Третья »		P3
		Нулевая точка		0
Обмотка возбуждения (индуктора) асинхронной машины	2	—	И1	И2

**Таблица 96. Условное обозначение выводов обмоток  
однофазных машин переменного тока**

Наименование обмотки	Число вы- водов	Обозначение	
		начало	конец
Обмотка статора (якоря) синхрон- ных машин	2	C1	C2
Обмотка статора асинхронного дви- гателя:			
главная обмотка	2	C1	C2
вспомогательная обмотка	2	B1	B2
Обмотка возбуждения (индуктора) синхронной машины	2	И1	И2

**Таблица 97. Цветное обозначение выводных концов обмоток  
малых электрических машин (ГОСТ 183—74)**

Схема сое- динения обмоток	Число вы- водов	Вид вывода	Цвет вывода	
			начало	конец

*Трехфазные асинхронные электродвигатели*

Открытая	6	Первая фаза	Желтый	Желтый с черным Зеленый с черным Красный с черным
		Вторая »	Зеленый	
		Третья »	Красный	
Звездой	3 или 4	Первая фаза	Желтый	—
		Вторая »	Зеленый	—
		Третья »	Красный	—
		Нулевая точка	Черный	—
Треуголь- ником	3	Первый зажим	Желтый	—
		Второй »	Зеленый	—
		Третий »	Красный	—

*Однофазные асинхронные электродвигатели*

Треуголь- ником	4	Главная обмотка	Красный	Красный с черным Синий с черным
		Вспомогательная обмотка	Синий	
	3	Главная обмотка	Красный	—
		Вспомогательная обмотка	Синий	—
		Общая точка	Черный	—

Схема соединения обмоток	Число выводов	Вид вывода	Цвет вывода	
			начало	конец

*Коллекторные машины переменного и постоянного тока*

Треугольник	—	Обмотка якоря	Белый	Красный с черным
		Последовательная обмотка возбуждения	Красный	Красный с черным
		Вторая группа катушек последовательной обмотки возбуждения (при наличии двух групп или двух отдельных катушек)	Синий	Синий с черным
	—	Параллельная обмотка возбуждения	Зеленый	Зеленый с черным
	—	Вторая группа катушек параллельной обмотки возбуждения (при наличии двух групп или двух отдельных катушек)	Желтый	Желтый с черным

Примечание. Некоторые обмотки имеют еще дополнительный вывод последовательной обмотки возбуждения — красный с желтым и второй группы катушек последовательной обмотки возбуждения — синий с желтым.

**Таблица 98. Схемы соединений трехфазных асинхронных электродвигателей**

Тип двигателя	Мощность, кВт	Напряжение, В	Схема соединений обмоток
A2, AO2	До 100	220/380	Δ/∩
AO2-CX	2,2—10	380	∩
AO2-CX	13—30	380	Δ
Д	До 4	220/380	Δ/∩
4A	0,12—0,37	220/380	Δ/∩
4A	0,55—110	220/380	Δ/∩
4A	0,55—110	380/660	Δ/∩

## 17. Конструктивное исполнение и режимы работ электрических машин

По конструкции подшипниковых узлов и способу крепления различают восемь групп исполнения электрических машин (табл. 99).

Т а б л и ц а 99. Условные обозначения группы электрических машин по формам исполнения (ГОСТ 2479—65)

Условное обозначение группы	Исполнение электрических машин
M1	На лапах, с двумя (или одним) подшипниковыми щитами, с пристроенным редуктором, на опорно-осевой подвеске, с качающейся опорой
M2	На лапах, с двумя подшипниковыми щитами и фланцем на подшипниковом щите. Центрирующая заточка фланца со стороны вала
M3	Без лап, с фланцем на подшипниковом щите, на рамной подставке
M4	Без лап, с фланцем на станине, с торцевым креплением станины
M5	Встраиваемые (пристраиваемые) непосредственно в станки и механизмы
M6	На лапах, с подшипниковыми щитами и со стояковыми подшипниками
M7	На лапах, со стояковыми подшипниками
M8	Вертикальные большой мощности

Стандарт устанавливает также условные обозначения вала в зависимости от формы и количества выходных концов вала машины.

Наиболее широкое распространение получили формы исполнения электрических машин — M1, M2, M3. Условное обозначение формы исполнения электрической машины состоит из пяти знаков: первый знак — буква M (машина), второй и третий обозначают вид, четвертый — исполнение, пятый — форму и количество выходных концов вала. Например, M101K расшифровывают так: электрическая машина на лапах, с двумя подшипниковыми щитами, крепление горизонтальное лапами вниз, с одним концом вала, форма конца вала коническая.

Существуют разные исполнения электрических машин по степени защиты персонала от соприкосновения с токопроводящими и движущимися частями, попадания посторонних тел внутрь машины, а также степени защиты от проникновения воды (ГОСТ 17494—72). Характеристики и обозначения степеней защиты приведены в ГОСТ 14254—69.

Исполнения электрических машин могут быть следующие:

открытая электрическая (IP00);

защищенная от прикосновения и попадания посторонних предметов (IP10, IP20);

защищенная от капель воды (IP01), от капель воды и прикосновения и попадания посторонних предметов (IP11, IP21, IP12,

*IP22, IP13, IP23, IP43*);

защищенная от брызг, прикосновения и попадания посторонних предметов (*IP44, IP54*);

защищенная от водяных струй, прикосновения, попадания посторонних предметов и вредных отложений пыли (*IP55*);

защищенная от захлестывания морской волной на палубе корабля, прикосновения, попадания посторонних предметов и вредных отложений пыли (*IP56*);

защищенная от проникновения воды внутрь при кратковременном погружении в воду (*IP57*);

защищенная от проникновения воды внутрь при неограниченно длительном погружении в воду (*IP58*).

Шифр степени защиты состоит из четырех знаков: двух неизменных латинских букв *I, P* и двух изменяющихся цифр. Например, для электродвигателей закрытого обдуваемого исполнения со степенью защиты *IP44* — первая цифра 4 означает, что оболочка защищает персонал от проникновения к токопроводящим и вращающимся частям инструментом или проволокой диаметром более 1 мм и от попадания внутрь посторонних твердых тел такого же диаметра.

Вторая цифра 4 означает, что оболочка защищает от водяных брызг, падающих на нее с любого направления.

Электрические машины, которые предназначены для работы во взрывоопасной среде и особых климатических условиях, выпускают в следующем исполнении:

взрывозащищенная — для работы во взрывоопасной среде и исполненная таким образом, что при взрыве газов внутри машины возникающее пламя не может проникнуть в окружающую среду;

влагостойкая — для работы при большой влажности;

холодостойкая — для работы при возможном образовании инея;

химостойкая — для работы при воздействии химических реагентов;

тропическая — для работы в условиях тропиков.

По способу охлаждения электрические машины имеют исполнения с естественным охлаждением (двигатели не имеют охлаждающих устройств) и с самовентиляцией (двигатели, которые имеют специальные устройства — вентиляторы, укрепленные на вращающейся части). Машины с самовентиляцией подразделяют на:

оснащенные вентилятором на валу;

с независимой вентиляцией, у которых вентиляторы приводят во вращение посторонним двигателем;

обдуваемые, которые для охлаждения снабжены вентиляционными устройствами, обдувающими наружные части машины;

с приточной вентиляцией, которые охлаждают по открытому циклу, т. е. воздухом внешней среды;

с замкнутой системой вентиляции, в которой циркулирует постоянный объем воздуха по замкнутому циклу через внутренние части машины и специальный воздухоохладитель.

Режим работы электрической машины — это установленный порядок чередования и продолжительности нагрузки, торможения, пуска, реверса во время ее работы.

Для работы электрической машины характерен номинальный режим работы, для которого машина предназначена заводом-изготовителем. Номинальный режим указывается на заводском щитке машины и должен соответствовать одному из следующих основных режимов, указанных в табл. 100.

**Т а б л и ц а 100. Режимы работы электрической машины**  
(ГОСТ 183—74)

Наименование режима	Содержание
Продолжительный режим $S_1$	Характеризуется продолжительностью работы машины, необходимой для достижения практически установившейся температуры всех частей машины, при неизменной внешней нагрузке
Кратковременный $S_2$	С длительностью периода неизменной номинальной нагрузки 10, 30, 60 и 90 мин. Характеризуется определенной продолжительностью работы машины при неизменной внешней нагрузке, недостаточной для достижения практически температуры машины, после чего следует электрическое отключение, продолжительность которого достаточна для охлаждения машины до температуры окружающей среды
Повторно-кратковременный $S_3$	С продолжительностью включения (ПВ) 15, 25, 40 и 60%; продолжительность одного цикла принимается 10 мин, относительная продолжительность определяется по формуле $PВ = \frac{N}{N+R} \cdot 100$ , где $N$ — время работы, $R$ — пауза
Перебегающий $S_6$	С продолжительностью нагрузки (ПН) 25, 20, 40 и 60%. Продолжительность одного цикла принимают равной 10 мин. Относительная продолжительность нагрузки определяется по формуле $ПН = \frac{N}{N+V} \cdot 100$ , где $V$ — время холостого хода

**Примечание.** Помимо основных номинальных режимов работы  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_6$  дополнительными являются следующие режимы: повторно-кратковременный с частыми пусками —  $S_4$ , повторно-кратковременный с частыми пусками и электрическим торможением —  $S_5$ , перебегающий с частыми реверсами при электрическом торможении —  $S_7$ , перебегающий с двумя или более частотами вращения —  $S_8$ .

## 18. Неисправности и ремонт механической части электрических машин

Электрические машины повреждаются чаще всего из-за недопустимо длительной работы без ремонта, плохого обслуживания или нарушения режима работы, на который они рассчитаны.

В табл. 101—104 приведена технологическая последовательность выполнения ремонтных работ, перечислены неисправности электрических машин постоянного и переменного тока и способы их ремонта.

**Т а б л и ц а 101. Технологическая последовательность выполнения ремонтных работ**

Вид работ и их последовательность	Содержание работ
Подготовительные работы на рабочем месте	Очистка машины от загрязнений, наружный осмотр, предварительная проверка и испытания, уточнение технических характеристик электрической машины перед разборкой
Общая разборка машины	Снятие шкива или полумуфты, соединительных и передаточных деталей с вала, подшипниковых щитов, вывод ротора (якоря) из статора
Узловая и детальная разборка машины	Демонтаж подшипников скольжения и качения, снятие щеточного и короткозамыкающего устройства, коллектора и контактных колец, выпрессовка вала из сердечника, снятие полюсов
Составление технической документации, дефектация	Осмотр и обмеры частей и деталей, механические и электрические испытания и выявление неисправностей, составление ведомости дефектов с указанием в ней характера и технологии ремонта, составление эскизов, чертежей и технологических карт, по которым будет проводиться ремонт
Передача деталей в ремонт	Транспортировка деталей машины по участкам для ремонта согласно ведомости дефектов и передача документации
Ремонт механических частей и деталей или изготовление новых	Ремонту или изготовлению подлежат: контактные комья, коллекторы, валы, сердечники полюсов, подшипники, уплотняющие, щеточные и короткозамыкающие устройства, корпусные детали, вентиляторы
Узловая сборка	Запрессовка вала, насадка коллектора или контактных колец, установка подшипников качения, запрессовка подшипников скольжения, монтаж полюсов, щеточного или короткозамыкающего устройства
Ремонт электрических частей и деталей	Разборка, изготовление частей обмоток, их сборка, пропитка, сушка, лакирование, отделка и окраска
Обработка роторов и якорей в собранном виде	Обточка, шлифование коллекторов или контактных колец, обточка, шлифование и прочистка резьб вала, продороживание, балансировка роторов и якорей
Испытания перед сборкой	Электрические и механические проверки и испытания деталей машины (ГОСТ 183—74)
Общая сборка машины	Установка ротора (якоря) в статор, монтаж подшипниковых щитов, щеточного и короткозамыкающего устройств, регулировка, насадка передаточных и соединительных деталей

Вид работ и их последовательность	Содержание работ
<p>Проверка, пробный пуск, окончательные (выходные) испытания</p> <p>Отделка и окраска</p>	<p>Проверка взаимодействия и надежности работы узлов, электрические проверки и испытания в неподвижном и подвижном состоянии электрической машины (ГОСТ 183—74, ГОСТ 16921—71)</p> <p>Проверка маркировки, устранение возможных дефектов, окраска, оформление документации на отремонтированную машину</p>

Примечание. Заключительным этапом проверок электрической машины являются измерение зазоров и пробный пуск. Зазоры измеряют при помощи щупов толщиной 0,03 мм. Пробный пуск и работу машины на холостом ходу осуществляют не менее 30 мин.

Таблица 102. Неисправности электродвигателей постоянного тока

Вид повреждения	Возможная причина	Способ ремонта
<p>Недопустимое искрение с потрескиванием и проскакиванием искр из-под щеток, образование почернения на определенных пластинах коллектора электрической машины</p> <p>Щетки искрят, наблюдается почернение некоторых коллекторных пластин, находящихся на определенном расстоянии друг от друга, соответственно числу полюсов или пар полюсов. После чистки и обточки коллектора чернеют все те же пластины</p>	<p>Обрыв в катушке якоря, находящегося между почерневшими пластинами коллектора</p> <p>Ослабла затяжка коллектора</p> <p>Между пластинами коллектора выступает изоляция</p> <p>Биение коллектора</p> <p>Плохой контакт между обмоткой якоря и коллектором.</p> <p>Обрыв в катушке якоря между почерневшими пластинами</p> <p>Отдельные пластины коллектора выступили или запали</p> <p>Короткое замыкание в якоре:</p> <p>а) не удалены заусенцы с пластин после его обточки</p>	<p>Заменить поврежденную катушку</p> <p>Затянуть и обточить коллектор</p> <p>Продорожить изоляцию, коллектор при необходимости обточить и отшлифовать</p> <p>Проточить коллектор</p> <p>Проверить пайку всех соединений и неисправные места пайки вновь перепаять, коллектор обточить, изоляцию между пластинами продорожить</p> <p>Обточить коллектор</p> <p>Удалить заусенцы, отшлифовать и при необходимости обточить пластины</p>

Вид повреждения	Возможная причина	Способ ремонта
	б) между петушками коллектора или хомутиками имеется замыкание	Осмотреть петушки и хомутики, устранить замыкание
Пробой на корпус изоляции обмотки возбуждения	Механическое повреждение или старение изоляции катушек	Заменить обмотку возбуждения
Уменьшение зазоров между якорем и наконечниками полюсов катушек	Прогиб вала или проседание его в результате износа подшипников скольжения	Устранить повреждение—заменить подшипники скольжения. Выправить вал
Замыкание пластин коллектора	Образование электрического контакта между пластинами вследствие оседания медной пыли или замыканий заусенцами медных пластин	Прочистить коллектор, устранить заусенцы
Щетки искрят, хотя щеточный аппарат исправен, щетки поставлены правильно, коллектор чист и изоляция между коллекторными пластинами не выступает	Если нагрев машины нормальный, то имеет место недопустимо большой износ коллектора  Если при повышенном нагреве якоря наблюдается неравномерное нагревание отдельных катушек главных полюсов, то имеет место межвитковое замыкание или короткое замыкание в одной или нескольких катушках главных полюсов	Сменить коллектор  Найти неисправные катушки, отремонтировать или заменить их новыми
Круговой огонь по коллектору	Щетки расположены неправильно  Главные и дополнительные полюсы чередуются неправильно  Выбрана неподходящая марка щеток	Отрегулировать положение щеток  Проверить правильность чередования полюсов  Заменить щетки требуемой марки

Вид повреждения	Возможная причина	Способ ремонта
<p>Двигатель не идет в ход или работает с сильно пониженной частотой вращения. Ток в якоре и в параллельной обмотке возбуждения имеется. Щетки сильно искрят</p> <p>Повышенная частота вращения электродвигателя. Двигатель с нагрузкой не идет в ход. Ток в якоре имеется. Без нагрузки, развернутый от руки, развивает очень большую частоту вращения и может «по-нести»</p>	<p>Обрыв или плохой контакт в обмотке якоря</p> <p>Межвитковое короткое замыкание в якоре</p> <p>Межвитковое соединение или короткое замыкание в одной или нескольких катушках параллельного возбуждения</p> <p>Параллельная обмотка возбуждения соединена с корпусом или с другими обмотками, вследствие чего она частично или полностью шунтируется</p> <p>Параллельная обмотка возбуждения неправильно соединена с двигателем и пусковым реостатом, вследствие чего обмотка возбуждения подключена к линии одной полярности</p>	<p>Найти место обрыва, заменить неисправную катушку</p> <p>Коллектор обточить, изоляцию между пластинами продорожить</p> <p>Осмотреть все петушки и хомутики, устранить замыкания — затекшее олово осторожно удалить</p> <p>Найти неисправную катушку, отремонтировать или заменить</p> <p>Отключить концы параллельной и последовательной обмоток, определить мегаомметром место повреждения, заизолировать его или перемотать неисправную катушку</p> <p>Правильно соединить параллельную обмотку возбуждения</p>

Таблица 103. Неисправности асинхронных электродвигателей

Вид повреждения	Возможная причина	Способ ремонта
<p>Повышенный нагрев (местный) сердечника статора при холостом ходе и номинальном напряжении</p>	<p>В отдельных местах зубцы сердечника статора выгорели и оплавившись по причине пробоя обмотки на корпус или коротких замыканий в обмотке статора</p>	<p>Перемотать обмотку статора. Вырезать поврежденные места и между отдельными листами проложить пластинки слюды или электрокартон, пролакировать их электроизоляционным лаком</p>

Вид повреждения	Возможная причина	Способ ремонта
<p>Перегрев местами обмотки статора, двигатель сильно гудит и развивает крутящий момент, сила тока в отдельных фазах различна</p>	<p>Образовался контакт между активной сталью и стяжными болтами (старые конструкции машин)</p> <p>Между отдельными листами сердечника образовались короткие замыкания по причине задевания ротора о статор в момент работы электродвигателя или образования заусенцев при опиловке</p> <p>Короткое замыкание между двумя фазами</p> <p>Межвитковое соеденение в обмотке статора</p> <p>Обмотка одной фазы замкнута на землю в двух местах</p>	<p>Заменить болты новыми или исправить изоляцию</p> <p>Разъединить и пролакировать изоляционным лаком воздушной сушки листы стали; удалить заусенцы напильником в местах замыкания</p> <p>Определить место короткого замыкания и отремонтировать или перемотать поврежденную обмотку</p> <p>Найти место замыкания и исправить повреждение</p> <p>Определить место замыкания на землю и устранить повреждение, при необходимости перемотать поврежденные катушки</p>
<p>Обмотка ротора равномерно перегрета. Двигатель имеет пониженную частоту вращения</p>	<p>Двигатель перегружен или нарушена его нормальная вентиляция (засорились вентиляционные пути, воздушные фильтры, неисправен воздухоохладитель)</p>	<p>Усилить вентиляцию, продуть машину сжатым воздухом, исправить тепловую изоляцию воздухопровода выходящего воздуха в машине с замкнутой системой вентиляции</p>
<p>Пониженное сопротивление изоляции</p>	<p>Загрязнение или отсыревание обмоток</p>	<p>Разобрать электродвигатель, продуть, просушить обмотку</p>
<p>Двигатель гудит, ток в статоре сильно пульсирует, ротор, а иногда статор перегреваются</p>	<p>Плохой контакт в цепи ротора</p> <p>Плохой контакт в соединениях обмотки с контактными кольцами</p>	<p>Проверить пайки обмотки ротора и неисправные контакты перепаять</p> <p>Проверить исправность контактов токоподводов в местах соединения их с обмоткой и контактными кольцами</p>

Вид повреждения	Возможная причина	Способ ремонта
<p>Двигатель с нагрузкой плохо идет в ход и не развивает номинальной частоты вращения</p>	<p>Плохой контакт между стержнями короткозамкнутого ротора и короткозамыкающими кольцами из-за разрыва стержней от короткозамыкающих колец</p>	<p>Определить место разрыва, заменить лопнувший стержень ротора или пропаять место разрыва</p>
<p>Двигатель с фазным ротором без нагрузки идет в ход при разомкнутой цепи ротора. При пуске с нагрузкой двигатель медленно разворачивается и ротор нагревается</p>	<p>Короткое замыкание между соседними хомутками лобовых соединений или в обмотке ротора; заземление обмотки ротора в двух местах</p>	<p>Проверить, нет ли соединения между хомутками. Измерить сопротивление изоляции ротора. Найти короткое замыкание. Заменить короткозамкнутую часть обмотки или перемотать ее</p>
<p>Неравномерная частота вращения двигателя: двигатель не идет в ход; при разворачивании от руки работает толчками и гудит</p>	<p>Внутренний обрыв в обмотке статора или обрыв одной фазы сети</p>	<p>Проверить вольтметром напряжение на зажимах статора. При наличии обрыва в одной фазе или несимметричности напряжения во всех фазах устранить обрыв в обмотке статора или сети</p>
<p>Двигатель с фазным ротором идет в ход при разомкнутой цепи ротора</p>	<p>Короткое замыкание в роторе</p>	<p>Определить короткозамкнутую часть обмотки. Обмотку катушки заменить новой или перемотать</p>

Вид повреждения	Возможная причина	Способ ремонта
<p>Одностороннее притяжение ротора. Во время работы двигателя происходит задевание ротора за статор</p>	<p>Нарушен зазор между ротором и статором вследствие износа вкладышей подшипников, смещения подшипниковых щитов, изгиба вала</p>	<p>Выверить зазор между ротором и статором; в случае необходимости перезалить или заменить вкладыши; проверить зазор между шейкой и вкладышем, при отсутствии установочных штифтов в подшипниковых щитах или стояках поставить их; при деформации стали ротора обточить его или отшлифовать, при деформации стали статора опилить ее напильником; проверить вал</p>
<p>Ненормальный шум в двигателе</p>	<p>Короткое замыкание в обмотке статора</p>	<p>Найти неисправную катушку и отремонтировать</p>
<p>Двигатель гудит; сила тока во всех фазах различна</p>	<p>Фазы обмотки статора соединены неправильно</p>	<p>Одна фаза обмотки статора «перевернута» — неправильное соединение выводов</p>
<p>Обмотка статора неравномерно нагрета</p>	<p>Число витков в отдельных катушках обмотки статора неодинаково</p>	<p>Проверить число витков катушек статора и соединить их правильно</p>

Таблица 104. Ремонт статора и ротора

Вид повреждения	Возможная причина	Способ ремонта
<p>Нагрев сердечника</p>	<p>Наличие заусенцев, механические повреждения поверхности сердечника, зашлифованные места, порча изоляции стяжных болтов</p>	<p>Удалить заусенцы, обработать места соединения (замыкания) листов сердечника, изолировать электроизоляционным лаком. Заменить изоляцию стяжных болтов</p>

Вид повреждения	Возможная причина	Способ ремонта
Ослабление прес-совки	Выпадение вентиляционных распорок  Ослабление стяжных болтов	Ремонт распорок  Подтянуть болты; забить и укрепить клинья (текстолитовые или гетинаксовые) и заглубить их на 2—3 мм ниже поверхности стали
Выгорание участков	Пробой электроизоляции обмотки на сталь	Вырубить поврежденные места зубцов, между листами проложить картон или слюду
Деформация стали	Неправильная сборка или монтаж машины. Механические повреждения	Правка
Нарушение межлистовой изоляции	Дефект изоляции	Расшихтовка стали, очистка листов от старой изоляции и покрытие их электроизоляционным лаком, сушка и перешихтовка

Вал электрической машины может иметь следующие повреждения: поломку и изгиб, биение, трещины, царапины и задиры шеек, выработку, конусность, овальность шеек, забоины и расклепывание торцов, повреждение шпоночных канавок, смятие и износ резьбы на концах вала. Ремонт вала (табл. 105) является сложной и ответственной операцией. При наличии запасных валов вал не ремонтируют, а заменяют новым.

Таблица 105. Ремонт вала

Вид повреждения	Способ ремонта
Изгиб, искривление вала	Искривление обнаруживают путем проверки биения вала в центрах токарного станка. Величину биения определяют с помощью индикатора. Вал ремонтируют, если стрела его изгиба превысит 0,03 мм для электродвигателей с частотой вращения 3000 об/мин и 0,05 мм с частотой 1500 об/мин. Правку производят гидравлическим прессом с последующей проточкой и полировкой: правка не обязательна при искривлении вала не более 0,2 мм на всю длину вала. Правку производят без подогрева при искривлении вала до 0,3% его длины и под прессом с предварительным подогревом до 900—1000° С при искривлении более чем на 0,3% длины вала
Поломка вала	При невозможности заменить вал на новый используют электросварку с последующей токарной обработкой
Повреждение шпоночных канавок	Расширение канавки или прорезание другой шпоночной канавки под углом 90° к старой. Можно применить ступенчатую шпонку
Задиры, заусенцы	Снятие выступающих мест резцом со шлифовкой на станке, шабером и др.
Биение	Проточка, шлифование
Царапины, забоины, шероховатость	Шлифование, полировка
Вмятины и углубления	Металлизация при наличии не более 10% посадочной поверхности под шкив или муфту и 4% под подшипник
Трещины	Замена вала на новый при глубине трещин более 10—15% диаметра вала и длине трещины более 10% длины вала

Наиболее типичные повреждения станин и подшипниковых щитов электрических машин — поломка лап крепления и повреждение резьбы в отверстиях станины, трещины подшипниковых щитов, износ центрирующей заточки (замка) для соединения щита со станиной статора, износ посадочной поверхности под подшипник, обрыв болта в резьбовом отверстии станины. Способы ремонта приведены в табл. 106.

Т а б л и ц а 106. Ремонт станины и подшипниковых щитов

Вид повреждения	Способ ремонта
Повреждение лап	Отколотую или вновь изготовленную лапу приваривают к станине. Предварительно лапу соединяют со станиной с помощью штифтов, затем снимают фаску под углом 30—45° и на $\frac{1}{4}$ толщины лапы по всему периметру лапы
Повреждение резьбы	Восстановление изношенной резьбы в отверстии станины
Износ посадочной поверхности щита под подшипник	Осуществляют металлизацию или запрессовку промежуточной втулки во внутреннее отверстие щита
Износ поверхности центрирующей заточки (замка) для соединения щита со станиной статора	Металлизация с последующей токарной обработкой. Металлизацию производят, если зазор между заточкой на щите и заточкой на станине превышает 0,2%, радиальное биение центрирующей заточки по отношению к оси 0,03% и аксиальное биение — 0,05% от диаметра заточки
Трещины подшипникового щита	Заварка трещин с помощью биметаллического электрода. Предварительно места начала и окончания трещины засверливают сверлом $\varnothing$ 3—5 мм в целях предотвращения их развития. Если толщина крышки более 5 мм, по длине трещины снимают фаску под углом 45°, шириной до 5 мм. Заварку осуществляют ацетилено-кислородным пламенем
Обрыв болта	Удаление оставшихся стержней болтов и замена их новыми

Для электрических машин мощностью до 100 кВт применяют, как правило, подшипники качения — шариковые и роликовые; подшипники скольжения применялись в крупных машинах. При ремонте электрических машин роликовые и шариковые подшипники снимают с вала и заменяют в случае износа, т. е. при появлении повышенных радиальных и осевых зазоров, а также язвин на поверхности шариков и роликов и на дорожках качения.

Радиальные зазоры в подшипниках качения измеряют щупом, вводимым между телом качения и обоймой подшипника.

Снимают подшипники качения с вала винтовыми и гидравлическими съемниками, прикладывая усилия к внутреннему кольцу подшипника.

При капитальном ремонте подшипники подлежат замене независимо от их состояния.

В табл. 107—112 приведены сведения и технические данные подшипников.

**Таблица 107. Шариковые и роликовые подшипники  
для электродвигателей серии А, АО**

Тип электродвигателя	Номер подшипника при частоте вращения, об/мин					
	со стороны привода			со стороны, противоположной приводу		
	3000	1500	1000 и 750	3000	1500	1000 и 750
A31, A32, АО31, АО32 АОЛ31, АОЛ32	304	304	304	304	304	304
A41, A42, АО11, АО12, АОЛ41 АОЛ42	306	306	306	306	306	306
A51, A52, АО51, АО52	308	308	308	308	308	308
A61, A62, АО62, АО63	308	310	310	308	310	310
A71, A72, АО72, АО73	310	2314	2314	310	312	312
A81, A82, АО82, АО83	312	2314	2314	312	314	314
A91, A92, АО93, АО94	314	2317	2317	314	317	317

**Таблица 108. Шариковые и роликовые подшипники  
для электродвигателей серии А2, АО2**

Габарит электродвигателя	Форма исполнения электродвигателя	Номер подшипника при частоте вращения, об/мин					
		со стороны привода			со стороны, противоположной приводу		
		3000	1500	1000	3000	1500	1000
1	—	60304	60304	60304	60304	60304	60304
2	M10	60305	60305	60305	60305	60305	60305
3	M20	60306	60306	60306	60306	60306	60306
4	M30	60308	60308	60308	60308	60308	60308
5	—	60309	60309	60309	60309	60309	60309
6	M10, M20, M30	309	2309	2309	309	309	309*
		309	309	309*	309	309	309
7	M10, M20, M30	311	2311*	2311*	311	311	311*
		311	311	311*	311	311	311
8	M10, M20, M30	314	2314к	2314к**	314	314	314*
		314	314	314**	314	314	314
9	M10, M20, M30	317	2317к	2317к**	317	317	317*
		317	317	317**	317	317	317

\* Эти же подшипники применяют при частоте вращения 750 об/мин.

\*\* Также при частоте вращения 750 и 600 об/мин.

**Таблица 109. Допустимые радиальные зазоры, мм, в подшипниках качения**

Диаметр вала электродвигателя, мм	Подшипники			
	шариковые		роликовые	
	минимальный	максимальный	минимальный	максимальный
20—30	0,005	0,1	0,01	0,1
35—50	0,01	0,15	0,02	0,15
75—80	0,015	0,2	0,03	0,2
85—120	0,02	0,3	0,04	0,3

Примечание. Измерения радиальных зазоров в подшипниках качения входят в контрольно-дефектационные операции, производимые в процессе разборки и ремонта электрической машины

**Таблица 110. Посадки подшипников на вал электродвигателя**

Мощность электродвигателя, кВт	Диаметр подшипника, мм				Вид посадки
	радиального		радиально-упорного		
	шарикового	роликового	шарикового	роликового	
<100	<100	<40	<100	<100	Напряженная плотная Тугая »
<100 <100	>100 >100	<100 <250	>100 >100	<190 <250	
>100	Все диаметры				Глухая

Примечания: 1. Шариковые подшипники — неразборные при ремонте насаживаются непосредственно на вал.

2. Роликовые — перед посадкой на вал разделяют: внутреннее кольцо насаживают на вал, а внешнее с роликами запрессовывают в подшипниковый щит.

3. При монтаже подшипников необходимо строго выдерживать заданные посадки. В большинстве случаев принята неподвижная посадка внутреннего кольца на вал и скользящая посадка наружного кольца в подшипниковый щит.

4. Посадочные диаметры валов измеряют микрометром или предельной скобой. Чистота обработки посадочных мест в зависимости от класса точности подшипника и диаметра вала колеблется от 6-го до 9-го класса.

5. Для облегчения посадки подшипник нагревают до 80—95° С в масляной ванне или индукционным методом токами высокой частоты. Нагретый подшипник насаживают на вал при помощи надставки или гидравлического пресса.

В отличие от подшипников качения разборка подшипников скольжения не требует специальных приспособлений, а сам процесс разборки не представляет сложностей. Ремонт вкладышей подшипников скольжения состоит из ряда операций: выплавки старой заливки, ремонта вкладыша, подготовки его к заливке, подготовки сплава к заливке, заливки и охлаждения, расточки, устройства смазочных канавок и пришабровки.

Допустимые радиальные зазоры в подшипниках скольжения приведены в табл. 113, допустимые осевые — в табл. 114.

В подшипниках с неразъемными вкладышами верхний зазор между шейкой вала и вкладышем измеряют щупом. Подлежат замеру также боковые зазоры, величина которых не должна превосходить половины зазора в верхней части. В подшипниках с разъемными вкладышами зазоры определяют по отскам отрезков свинцовой проволоки, укладываемых на поверхность шейки вала и получаемых при затяжке верхней крышки подшипников.

Т а б л и ц а 111. Смазки для подшипников качения

Наименование и марка смазки	Температура каплепадения, °С, не менее	Условия работы подшипников
Универсальная тугоплавкая водостойкая УТВ (смазка 1—13 жировая), ГОСТ 1631—61	120	Работа при повышенной влажности и при температуре не выше 90°С
Смазка ЦИАТИМ-201	170	Работа при повышенной влажности и на открытом воздухе
Смазка ЦИАТИМ-203	150	Работа в условиях повышенной влажности и нагрузок средних и выше средних и температуре до 115°С
Универсальная среднеплавкая УС-3 (солидол жировой), ГОСТ 1033—73	90	Работа при повышенной влажности и при пониженных нагрузках и скоростях и при температуре не выше 75°С
Универсальная тугоплавкая УТ-1 (консталин жировой), ГОСТ 1957—73	130	Работа в сухих помещениях и при температуре не выше 115°С
То же, УТ-2, ГОСТ 1957—73	150	Работа в сухих помещениях при температуре не выше 135°С

Примечания: 1. Для подшипников следует применять смазку, рекомендуемую заводом-изготовителем

2. Качество применяемой смазки должно соответствовать нормам и подлежит проверке в лаборатории.

3. Неправильный выбор смазки является причиной повышенного нагрева подшипников и быстрого выхода их из строя.

Т а б л и ц а 112. Нормы расхода смазочных материалов для подшипников качения

Мощность электродвигателя, кВт	Расход смазочных материалов, кг	Мощность электродвигателя, кВт	Расход смазочных материалов, кг
До 0,5 0,5—3	0,20	3—6 6—7	0,35—0,45 0,4—0,5
	0,25—0,35		

Мощность электродвигателя, кВт	Расход смазочных материалов, кг	Мощность электродвигателя, кВт	Расход смазочных материалов, кг
7—10	0,5—0,6	30—40	1,05—1,3
10—15	0,56—0,65	40—50	1,3—1,5
15—20	0,65—0,8	50—70	1,7—2,2
20—30	0,9—0,95	75—100	2,2—2,8

Таблица 113. Допустимые радиальные зазоры между валом и вкладышем в подшипниках скольжения электрических машин

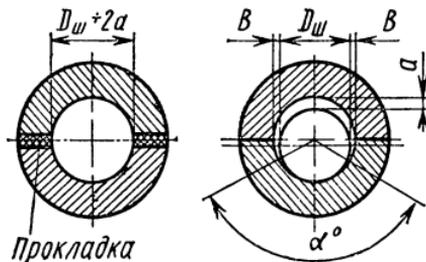


Рис. 5. Допустимые радиальные зазоры в подшипниках скольжения электрических машин

Диаметр вала, мм	Верхние зазоры (рис. 5), мм, при частоте вращения, об/мин		
	от 750 до 1000	от 1000 до 1500	от 1500 до 3000
От 18 до 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

Примечания: 1. Приведенный в табл. 113 верхний зазор  $a$  между шейкой вала и верхним вкладышем относится к разъемным и неразъемным подшипникам, изготовленным вновь и перзалитым.

2. Если отсутствуют указания завода-изготовителя, зазор  $a$  следует принимать в пределах: для подшипников с кольцевой смазкой 0,08—0,10 диаметра шейки вала, для подшипников с принудительной смазкой 0,05—0,08 диаметра шейки вала.

3. В целях образования масляного клина рекомендуется у разъемных подшипников делать боковые зазоры  $B=a$ . В этом случае подшипники растачивают на диаметр  $D-2a$  с применением прокладок толщиной  $a$ . Угол должен составлять у разъемных подшипников 60—70°, у неразъемных — 90—120°.

Заливку вкладыша подшипника скольжения осуществляют на специальном заливочном или токарном станке с помощью приспособления. Обычно ее производят центробежным способом. Подшипники машин мощностью до 100 кВт заливают баббитом Б-16 и БН (табл. 115). После охлаждения вкладышей проверяют качество заливки и растачивают их.

Таблица 114. Допустимые осевые зазоры (осевой разбег вала) в подшипниках скольжения, мм

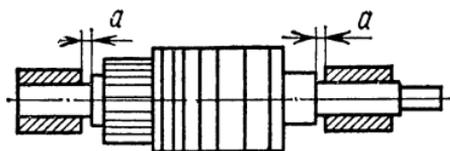


Рис. 6. Допустимые осевые зазоры в подшипниках скольжения электрических машин

Мощность электрической машины, кВт	Допустимые осевые зазоры, мм (рис. 6)	
	в новых и перезалитых подшипниках	в бывших в эксплуатации и не подвергавшихся перезалитке
До 10	0,4—0,5	1
Свыше 10 до 20	0,5—0,75	1,5
» 20 » 40	0,75—1	2
» 40 » 80	1—1,5	3
» 80 » 160	1,5—2	4

Примечания: 1. Меньшее значение  $a$  относится к меньшей мощности, большее — к большей.

2. У новых и перезалитых подшипников осевые зазоры  $a$  в рабочем состоянии должны быть одинаковыми.

3. Величина перемещения ротора (или якоря) равна  $2a$ .

4. Минимальное значение величины осевого перемещения должно быть не менее 0,6 мм на 1000 мм расстояния между подшипниками.

Смазка из подшипника может попасть внутрь электрической машины вследствие неправильного применения смазки, конструктивных недостатков, износа или неправильного монтажа уплотняющего устройства. Ремонт уплотняющих устройств заключается в замене шпилек с поврежденной резьбой, сверлении и нарезке резьбы в новых отверстиях уплотняющих колец.

После ремонта роторы электрических машин со всеми вращающимися частями (вентилятором, муфтой, кольцами и т. д.) подвергают балансировке на специальных балансировочных станках.

Различают статическую и динамическую балансировки. Статическую балансировку применяют для коротких роторов и якорей мелких и тихоходных машин, динамическую — для роторов крупных электрических машин с большей частотой вращения (более 1000 об/мин).

Статическую балансировку осуществляют на станке, имеющем установленные на нем призмы трапециевидной формы.

Последовательность статической балансировки следующая: укладывают ротор на призмах — ротор займет такое положение, при котором его тяжелая часть окажется внизу. Определяют точку, в которой должен быть установлен балансирующий груз. Массу балансирующего груза подбирают опытным путем, пока ротор не перестанет перекатываться.

Статическую балансировку ротора можно осуществлять также в центрах токарного станка.

Динамическая балансировка состоит из двух операций: измеряют первоначальную величину вибрации и нахождения точки размещения и определения массы уравнивающего груза для одного из торцов ротора. Для этой цели рекомендуется станок резонансного типа.

После окончания балансировки груз на роторе надежно закрепляют, и ротор подвергают вторичной проверочной балансировке.

**Таблица 115. Температура плавления и заливки баббитов и нагрева подшипников скольжения перед заливкой**

Марка баббита	Температура, °С			
	плавления		заливки	нагрева подшипников
	начало	конец		
БН	245	397	450 10	260
Б6	232	416	450 10	260
Б16	240	410	460 10	250
Б83	241	364	400 10	250

## 19. Неисправности и ремонт токособирающих устройств и других частей электрических машин

К токособирающим устройствам электрических машин относят коллекторы, контактные кольца, щеткодержатели с траверсами и механизм для подъема щеток и замыкания колец фазных роторов машин старых конструкций.

Капитальный ремонт коллектора со стальным или пластмассовым корпусом производят при износе медных пластин, пробое изоляции пластин (миканитовой или пластмассовой) на корпус машины или поломке корпуса пластмассового коллектора. Возможные неисправности, причины их возникновения и способы ремонта коллекторов и других частей машины приведены в табл. 116—119.

**Таблица 116. Неисправности коллектора и способы ремонта**

Неисправность	Причина	Способ ремонта
Неровности и дорожки на рабочей поверхности коллектора	Неправильная установка и притирка щеток. Повышенная вибрация машины	Полировка или шлифовка, обточка. При глубине выработки металла коллектора до 0,2 мм применяют полировку, до 0,5 мм — шлифовку, более — обточку на токарном станке

Неисправность	Причина	Способ ремонта
Обгар поверхности	Искрение. Круговой огонь	Обточка, шлифование. Поверхность шлифуют стеклянной шкуркой. Обточку производят на токарно-винторезном станке при скорости резания 200—250 м/с и подаче 0,05 мм твердосплавным резцом во избежание заусенцев
Радиальное смещение отдельных пластин	Динамическая формовка коллектора	Формовка на токарном станке коллектора. (Формуют, установив в резцедержатель деревянную колодку соответствующего профиля)
Замыкание между пластинами	Прогар миканитной изоляции из-за попадания медно-угольной пыли	Расчистка. Разборка. Прочистка между пластинами, промывка спиртом, замазка пастой
Замыкание на корпус	Пробой, прогар изоляционных конусов Выступление пластин слюды миканита над коллекторными пластинами	Разборка и ремонт со сменой конусов Проточка и продоруживание на глубину до 1—1,5 мм путем фрезерования канавок между пластинами. Края пластин зачищают шабером
Биеение. Выступание пластин	Износ пластин, ослабление коллектора или некачественный миканит и дефектная сборка	Нагрев. Подтягивание. Обточка. В целях уменьшения биеения подтягивают гайку, а у крупных коллекторов — стяжные болты. Затем нагревают коллектор до 160° С, снова прессуют, подтягивают и обтачивают
Выступание изоляции между пластинами	Ослабла подтяжка или износились пластины коллектора	Подтягивание. Продоруживание. Обточка

Неисправность	Причина	Способ ремонта
Выступление пластин на краю коллектора	Тонкие пластины. Предельная обточка	Замена комплекта пластин и межламельной изоляции

Примечание. Ремонт пластмассового коллектора заключается в восстановлении его пластмассового корпуса с использованием асбестоцементной массы марки К-6.

Таблица 117. Ремонт контактных колец

Неисправность	Причина	Способ ремонта
Повреждение рабочей поверхности колец	Выработка колец, биение, подгары	Проточка или, если повреждение поверхности незначительное, шлифовка стеклянной шкуркой, укрепленной на деревянной колодке
Пробой изоляции колец на корпус или предельный износ колец	Износ колец — результат проточек	Замена колец или изоляции
Нарушение изоляции между корпусом и кольцами или между кольцами и контактными шпильками	—	Замена изоляции
Нарушение контакта между кольцом и выводной шпилькой	—	Расверливание отверстия и сварка шпильки с кольцом

Причинами искрения щеток являются: вибрация электрической машины, неправильная установка щеток, биение, выработка, загрязнение коллектора, неправильный выбор марки щеток.

Для хорошей работы щеток существенное значение имеет правильный их подбор. Это осуществляют по указаниям завода-изготовителя, а при отсутствии заводских данных — согласно рекомендациям, приведенным в табл. 120.

В асинхронных электродвигателях мощностью до 100 кВт применяют щетки МГ и МГС (металлографитные), а в машинах постоянного тока — Г (графитные) и ЭГ (электрографитированные).

Величина удельного нажатия щеток зависит от марки и плотности тока щетки, конструкции машины и других факторов и колеблется в пределах 0,2—0,8 МПа.

Нажатие (давление) всех щеток у электрической машины должно быть одинаковым и отрегулированным. Отклонение величины нажатия отдельных щеток не должно превышать 10%. Проверку нажатия осуществляют динамометром, регулировку — пружиной.

Размер щеток выбирают так, чтобы обеспечить их свободное передвижение в обойме. Расстояние от обоймы до поверхности коллектора от 2 до 4 мм.

Установленные щетки необходимо шлифовать к коллектору. Шлифовку производят путем подкладывания между щеткой и коллектором стеклянной бумаги, которую затем передвигают вправо и влево.

Щетки, которые подверглись предельному износу, при ремонте заменяют на новые. Предельные значения износа щеток для некоторых электродвигателей серии А2 и АО2 приведены в табл. 121.

Таблица 118. Предельно допустимые величины износа коллектора и контактных колец (рис. 7)

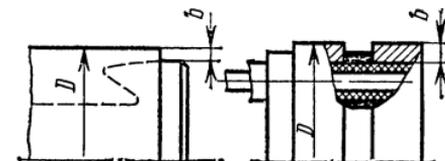


Рис. 7. Предельно допустимые величины износа коллектора и контактных колец

Наружный диаметр коллектора, контактных колец $D$ , мм	Минимальная величина размера $b$ , мм	
	для коллектора	для контактных колец
До 100	2,5	3
100—150	3	4
150—200	3,5	4
200—250	4	5
250—300	4	5

Таблица 119. Ремонт щеткодержателей

Неисправность	Причина	Способ ремонта
Износ внутренней поверхности обоймы и боковой поверхности щеток	Коллекторный бой, заусенцы в обоймах	Обточка коллектора, исправление обоймы

Неисправность	Причина	Способ ремонта
Круговой огонь	Оплавление щеткодержателя	Проверка, очистка или замена новым
Зажим щетки в обойме	Механические повреждения обоймы Выгиб обоймы от нагрева током вследствие прохождения тока через обойму	Выправление  Обеспечение нормального токопрохождения, выправление
Повреждение щеточного канатика	Наплывы от кругового огня или заусенцы, оставшиеся от обработки	Опиловка
Электрическая коррозия внутренней поверхности обоймы	—	Замена канатика новым
Ослабление пружины	Прохождение тока с обоймы на щетку, неисправная арматура щетки	Подтяжка контактов в цепи тока. Замена щеток и арматуры
	Перегрев пружины вследствие неправильного прохождения тока	Замена щеточной арматуры. Подтяжка контактов в цепи тока. Проверка изолирующей головки пружины

Таблица 120. Щетки для электрических машин (ГОСТ 2332—75)

Щетки	Марка	Номинальная плотность тока, А/см <sup>2</sup>	Окружная скорость вращения, м/с	Удельное электрическое сопротивление, Ом·м	Давление на щетку, МПа	Область применения
Угольно-графитные	Г20	10—12	15	35—100	0,2—0,3	Для генераторов и двигателей с облегченными условиями коммутации и для коллекторных машин переменного тока
	Г21	20	25	150—420	0,8	
	Г22	20	25	100—230	0,8	

Щетки	Марка	Номинальная плотность тока, А/см <sup>2</sup>	Окружная скорость вращения, м/с	Удельное электрическое сопротивление, Ом·м	Давление на щетку, МПа	Область применения
Графитные	ГЗ 611М 611ОМ	20	25	8—20 8—22 8—28	0,8	Для генераторов и электродвигателей с облегченными условиями коммутации
Электрографитированные	ЭГ2А ЭГ2АФ ЭГ-4 ЭГ-8 ЭГ-14 ЭГ-51 ЭГ-61 ЭГ-71 ЭГ-74 ЭГ-74АФ ЭГ-85	20	25	11—28 12—35 6—14 35—45 20—38 20—40 24—46 20—35 35—75 19—38 35—75	0,8	Для генераторов и электродвигателей со средними и затрудненными условиями коммутации
Металлографитные	М1 М3 М6 М20 МГ МГ2 МГ4 МГ-64 МГС-5 МГСО	15 12 15 12 20 20 15 20—25 15 20	15 15 15 15 15 15 15 15 10 15	2—5 6—12 1—6 3—13 0,04—0,12 0,1—0,25 0,3—1,3 0,05—0,25 2—15 Не более 0,3	0,15—0,2 0,15—0,2 0,15—0,2 0,15—0,2 0,18—0,23 0,18—0,23 0,20—0,25 0,15—0,2 0,2—0,25 0,18—0,23	Для низковольтных генераторов и электродвигателей низкого напряжения

Примечания: 1. Для всех марок щеток коэффициент трения о коллектор составляет 0,25.

2. Плотность тока щетки должна выбираться в зависимости от частоты вращения коллектора и условий коммутации каждого конкретного типа электрической машины.

Таблица 121. Предельные значения износа щеток электродвигателей А2 и А02

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
7	12,5×25×40	МГ-6	20
8	12,5×25×40	МГ-4	20
9	12,5×25×40	МГ-4	20

## 20. Неисправности и ремонт обмоток электрических машин

Обмотка электрической машины — система проводников, соединенных между собой по определенной схеме и расположенных на неподвижной или вращающейся (статор, ротор, якорь) части машины в целях создания магнитного поля или индуктирования электрического тока.

Обмотки электрических машин разделяют на обмотки переменного тока, располагаемые в пазах статора или ротора (короткозамкнутые или присоединенные к контактным кольцам); якорные обмотки постоянного тока, располагаемые в пазах якоря и присоединяемые к коллектору; обмотки возбуждения, выполняемые в виде катушек и надеваемые на полюса, компенсационные и др.

Обмотки состоят из витков, катушек, катушечных групп. Виток — это два последовательно соединенных между собой проводника, расположенных под соседними разноименными полюсами. Виток может состоять из нескольких параллельных проводников.

Катушкой называется комплект проводов, которому придана соответствующая форма для укладки в пазы сердечника. Полюсная катушка — обмотка, надеваемая на сердечник полюса машины постоянного тока или синхронной машины.

Катушечная группа — несколько последовательно соединенных катушек одной фазы, стороны которых лежат под двумя соседними полюсами.

Шаг обмотки — кратчайшее расстояние между сторонами катушки, уложенной в пазы.

Фаза обмотки — часть обмотки с определенным числом катушек. Фазы обмоток в трехфазных машинах сдвинуты одна по отношению к другой на  $120^\circ$  (электрических градуса).

Полюсное деление — число пазов, приходящихся на полюс. Полюсное деление также представляет длину части окружности (длину дуги) расточки статора, приходящуюся на один полюс.

Диаметральный шаг — шаг обмотки по пазам, при котором расстояние между серединами сторон катушки равно полюсному делению.

Укороченный шаг — шаг обмотки по пазам, меньший (по числу пазов) диаметрального.

Обмотки электрических машин по расположению выводов катушек подразделяются на петлевые, волновые и комбинированные.

Петлевые используют преимущественно в качестве статорной обмотки машин переменного тока. Волновые — в качестве обмотки фазного ротора асинхронной машины, комбинированные — чаще всего в качестве обмотки якоря электрической машины постоянного тока.

По способу заполнения пазов обмотки могут быть однослойными или двухслойными.

По сечению провода обмотки бывают мягкие (всыпные из круглого провода) и жесткие (из прямоугольного провода); по форме катушек — концентрические и равнокатушечные; по числу пазов на полюс и фазу — с целым и дробным числом  $q$ .

В асинхронных электродвигателях серии А, АО III и V габаритов применяют однослойную концентрическую обмотку, за исключением двухполюсных электродвигателей, у которых обмотка двух-

слоиная. В электродвигателях VI и IX габаритов той же серии вне зависимости от числа полюсов обмотки двухслойные.

Обмотку асинхронных машин с фазным ротором выполняют в виде стержней.

Обмотки статоров машин переменного тока — незамкнутые. В трехфазных машинах они состоят из трех отдельных частей (фаз), которые с помощью дополнительных проводов соединяются между собой звездой или треугольником.

Мягкие (всыпные) обмотки применяют главным образом для асинхронных электродвигателей мощностью до 100 кВт, а также для якорей машин постоянного тока и статоров синхронных машин малой мощности.

Ремонт мягких обмоток состоит из следующих операций: заготовки и укладки изоляционных деталей, намотки катушек, укладки обмоток, пайки и изолировки соединений, сушки, пропитки и испытания обмоток (табл. 122).

**Т а б л и ц а 122. Характерные неисправности и ремонт обмоток электрических машин**

Неисправность	Причина	Способ ремонта
Частичное повреждение изоляции стержня обмотки фазного ротора	Пробой изоляции на корпус	Осмотр. Обмотку вынимают из пазов и переизолируют, для этой цели отгибают и распивают лобовые части нескольких соседних стержней. С вынутого стержня снимают поврежденную изоляцию. Новая изоляция должна иметь ту же конструкцию. После изолировки и установки стержня, изгиба лобовых частей и запайки контактов укладывают подбандажную изоляцию и наматывают бандаж
Пониженное сопротивление изоляции	Попадание влаги, загрязнение неизолированных мест, повреждение изоляции, дефекты изготовления	Сушка, очистка, пропитка, переизолировка выводов и зажимов
Распайка соединений или проводников	Перегрузка током при пуске	Пайка твердым припоем

Неисправность	Причина	Способ ремонта
<p>Повреждение изоляции катушки якоря</p>	<p>Пробой изоляции катушки на корпус</p>	<p>Отпаять выводные концы секций катушек и вынуть их верхние стороны из пазов. Освободить катушку с поврежденной изоляцией. После замены изоляции катушку вновь установить в пазы, а соседние катушки снова уложить на прежние места. Заклинить пазы. Намотать бандаж и выводные концы секций припаять к пластинам коллектора</p>
<p>Механическое разрушение</p>	<p>Проседание и задевание ротора о статор</p>	<p>Частичная или полная перемотка. Проверка зазора, ремонт подшипников</p>
<p>Повреждение всыпной обмотки статора</p>	<p>Старение изоляции, ее пробой на корпус</p>	<p>Ремонту всыпная обмотка не подлежит. Обмотку вынимают и заменяют новой. Для этого на токарном станке обрезают лобовые части обмотки с одной стороны статора, выжигают старую изоляцию из пазов в печи при 350—360° С и вынимают обмотку с помощью лебедки, очищают статор для новой обмотки</p>
<p>Обрыв</p>	<p>Плохая пайка, распайка соединений, механическое разрушение</p>	<p>Перепайка</p>
<p>Повреждение изоляции фазного ротора, требующего полной замены обмотки асинхронного двигателя</p>	<p>Старение, пробой изоляции</p>	<p>Демонтаж обмотки и замена изоляции при сохранении в большинстве случаев старой обмоточной меди: разметка, распайка обмотки, выпрямление лобовых частей с одной стороны ротора, вытаскивание стержней из пазов, очистка вытянутых стержней от изоляции и остатков припоя, отжиг стержней при темпера-</p>

Неисправность	Причина	Способ ремонта
Повреждение обмотки якоря машины	Старение и пробой изоляции	<p>туре 600—650°С в целях устранения наклепа и их рихтовка, лужение концов стержней в ванне с припоем ПОС-18, изолировка и укладка обмотки, намотка бандажей</p> <p>Разметка якоря по старой обмотке, распайка соединений секций, обрезка лобовых частей, выемка обмотки из пазов, изготовление новых катушек, очистка сердечника якоря и ревизия коллектора, укладка новых катушек обмотки</p>

Однослойные обмотки — это такие обмотки, сторона катушки которых занимает весь паз. Обычно схемы однослойных обмоток асинхронных и синхронных машин одинаковы.

Различают однослойные концентрические и однослойные шаблонные обмотки. Концентрическая обмотка состоит из катушек, расположенных одна внутри другой. Наиболее распространенными являются концентрические двух- и трехплоскостные обмотки, у которых лобовые части располагаются в двух или трех плоскостях. Концентрическая обмотка вразвалку обычно выполняется при числе пазов на полюс и фазу  $q$  больше двух и у нее катушечные группы разделены на две подгруппы. Лобовые части концентрической обмотки вразвалку располагаются в трех плоскостях. Шаблонные обмотки получают симметричные, так как катушки имеют одинаковую ширину и форму. Они подразделяются на простые шаблонные, шаблонные вразвалку и цепные.

Для изображения обмоток применяют два вида схем: развернутую и круговую (торцевую). Развернутая схема представляет собой графическое изображение развертки окружности статора, ротора или якоря; круговая (торцевая) — вид на статор машины с торца.

В машинах переменного тока единичных серий двухслойные обмотки нашли широкое распространение.

Схемы двухслойных обмоток сложны, особенно при большом числе полюсов и параллельных ветвей, но они имеют преимущества перед однослойными: возможность выбора любого укороченного шага обмотки для улучшения характеристик машин, непрерывная изоляция катушек при открытой форме паза и более совершенная технология изготовления элементов обмоток и укладки их в пазы.

Обмотки статоров машин переменного тока выполняют преимущественно двухслойными с укороченным шагом.

Исполнение изоляции обмоток электродвигателей серий А, АО, А2, АО2, АК2, АОК2 приведены в табл. 123—126.

Таблица 123. Изоляция обмоток статора электродвигателей III—V габаритов серии А, АО для класса изоляции А

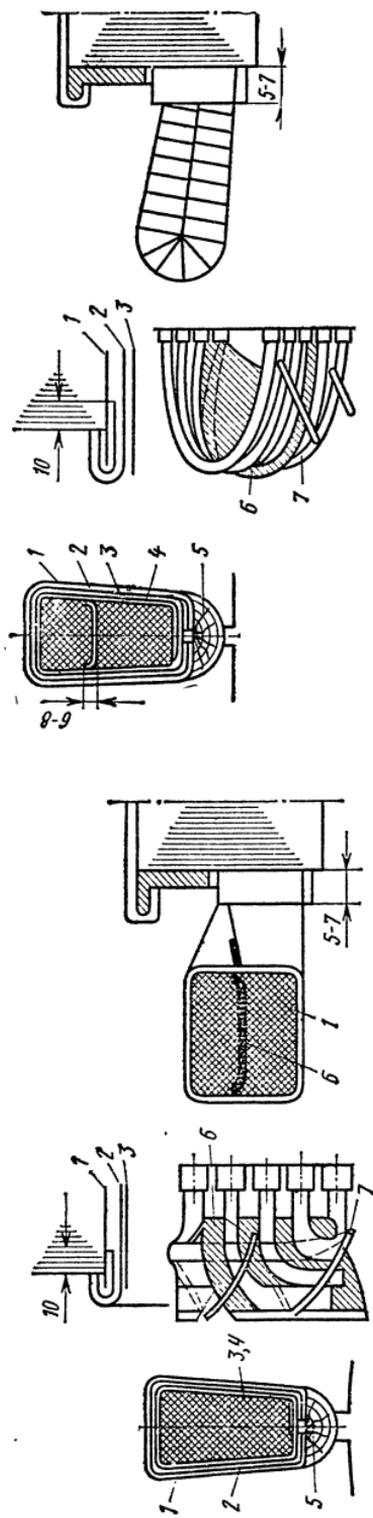


Рис. 8. Исполнение изоляции однослойной обмотки статора электродвигателей серии А и АО III—V габаритов

Рис. 9. Исполнение изоляции двухслойной обмотки статора электродвигателей А и АО V габарита

Часть обмотки статора	№ позиции по рис. 8 и 9	Электронизоляционный материал	III и IV габариты		V габарит			
			толщина материала, мм	количество слоев	однослойная обмотка		двухслойная обмотка	
					толщина материала, мм	количество слоев	толщина материала, мм	количество слоев
Пазовая	1	Электрокартон ЭВ	0,2	1	0,1	1	0,2	1

2	Лакоткань	0,15	1	0,15	1	0,15	1
3	Электрокартон ЭВ	0,1	1	0,2	1	0,2	1
4	Электрокартон ЭВ Лакоткань	— —	— —	— —	— —	0,2 0,15	2 1
5	Деревянный пазовый клин, пропитанный	—	—	—	—	—	—
6	Электрокартон ЭВ	0,2	1	0,2	1	0,2	1
	Лакоткань	0,15	1	0,15	1	0,15	1
7	Хлопчатобумажный чулок	—	—	—	—	—	—

Лобовая

Примечание. Межкатушечные переходы и места соединений после сварки изолируют линоксиновыми или поливинилхлоридными трубками. Электрокартон ЭВ и Лакоткань склеивают вместе клеем из изоляционного лака. Обмотанный статор пропитывают двукратно в пропиточном лаке. В двухобмоточных многоскоростных двигателях по высоте паза располагают дополнительную прокладку.

В серии электродвигателей А2, А02 применены теплостойкие электроизоляционные материалы для пазовой и витковой изоляции и для изоляции обмоточных проводов. Серия А2 и А02 имеет широкую унификацию узлов и деталей и состоит из девяти габаритов, по две длины в каждом габарите, т. е. имеет 18 типоразмеров. Кроме основных модификаций предусмотрены исполнения машин: тропическое (Т), химостойкое (Х), влагостойкое (В), маломощное (Ш), для станков нормальной и повышенной точности (С1 и С2).

Исполнение изоляции обмоток статора электродвигателей А02 I—V габаритов приведены в табл. 124.

Исполнение изоляции ротора электродвигателей серии А0К2 IV и V габаритов приведены в табл. 125, 126 и на рис. 11 и 12.

В настоящее время основная масса электродвигателей, поступающих в ремонт, относится к единой серии А и А0 общепромышленного назначения со всыпными обмотками. Для обмоток двигателей этой серии количество проводов ограничено 34 размерами, а количество марок — двумя.

Для двигателей III, IV и V габаритов всех типов и двигателей VI—IX габаритов типов А, А0, АП, А0Т и АК применяют провод ПЭЛБО, для типов А0, А0С, А0П — провод ПСД.

Основные обмоточные данные некоторых электродвигателей серии А, А0 приведены в табл. 127—130.

Таблица 124. Изоляция обмоток статора электродвигателей А02 I—V габаритов

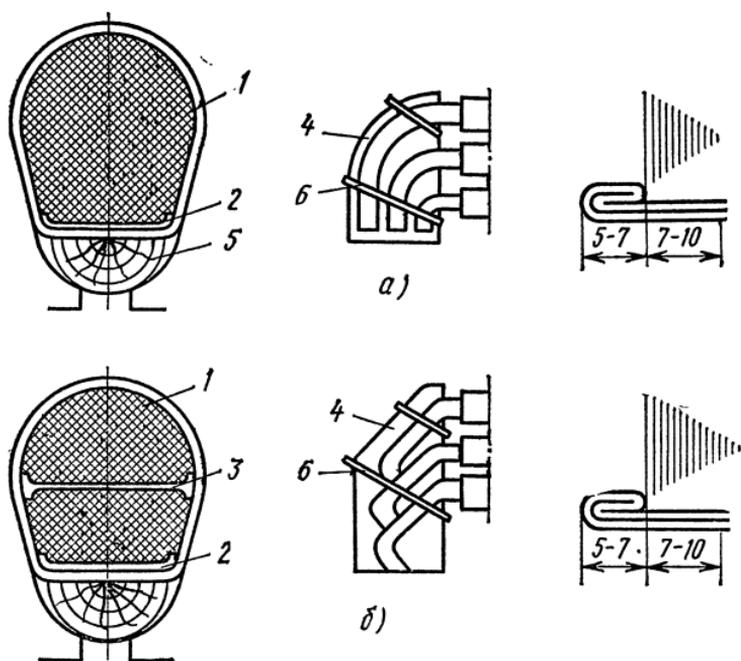


Рис. 10. Исполнение изоляции обмотки статора электродвигателя серии А02 I—V габаритов:

а — однослойной, б — двухслойной

Часть обмотки статора	№ позиции по рис. 10	Электроизоляционный материал	Толщина, мм	Количество слоев
Пазовая изоляция	1, 2, 3	Пленкоэлектрокартон на полиэтилентерефталатных пленках	0,27	1
	5	Деревянный пропитанный пазовый клин	—	—
Лобовая изоляция	4	Пленкоэлектрокартон на полиэтилентерефталатных пленках	0,21	2
	6	Хлопчатобумажный шнур	—	—

Примечание. Пазовую изоляцию располагают так, чтобы электрокартон был обращен к поверхности пазу. Обмотанный статор пропитывают двукратно в пропиточном лаке. Лобовые части покрывают эмалью ГФ-92-ГС.

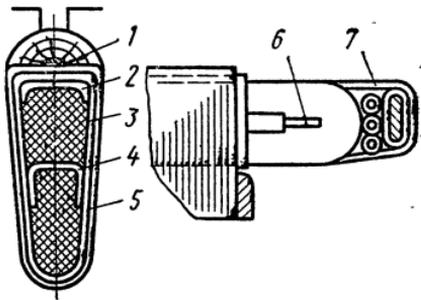


Таблица 125. Изоляция обмоток ротора электродвигателей АОК2 IV габарита

Рис. 11. Исполнение изоляции обмотки ротора электродвигателей АОК2 IV габарита

Часть обмотки ротора	№ позиции по рис. 11	Электроизоляционный материал	Толщина, мм	Количество слоев
Пазовая изоляция	1	Деревянный пропитанный пазовый клин	—	—
	2	Пленкоэлектрокартон на полиэтилентерефталатных пленках	0,27	—
	3	Лавсан	0,05	1
	4 и 5	Пленкоэлектрокартон на полиэтилентерефталатных пленках	0,27	1
	6	Пленкоэлектрокартон на полиэтилентерефталатных пленках	0,27	1
Лобовая изоляция	7	Киперная лента	0,45	Вполнахлеста

Примечание. Пазовую изоляцию располагают так, чтобы электрокартон был обращен к поверхности пазу. Обмотанный ротор пропитывают двукратно в пропиточном лаке. Лобовые части покрывают эмалью ГФ-92-ГС.

Таблица 126. Изоляция обмоток ротора электродвигателей АОК2 V габарита

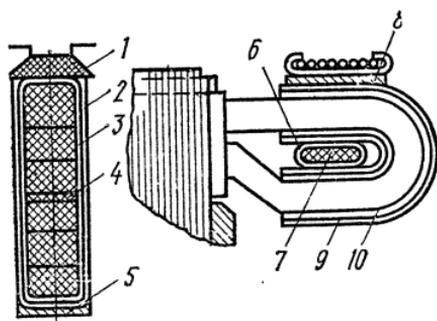


Рис. 12. Исполнение изоляции обмотки ротора электродвигателя АОК2 V габарита

Часть обмотки ротора	№ позиции по рис. 12	Электроизоляционный материал	Толщина, мм	Количество слоев
Пазовая изоляция	1	Пазовый гетинаксовый клин	—	—
	2	Пленкоэлектрокартон на полиэтилентерефталатных пленках	0,27	1
	3	Электрокартон ЭВ	0,2	1
	4, 5	Пленкоэлектрокартон на полиэтилентерефталатных пленках	0,27	1
	Лобовая изоляция	6	Стеклопленочная лента	0,15
7		Электронит	0,5	4
8		»	0,5	2
9		Стеклопленочная лента	0,15	Вполнахлеста
10		Стеклолакоткань	0,17	Вполнахлеста

Примечания: 1. Головки и лобовые части каждой катушечной группы изолируют лентой по одному слою вполнахлеста, остальные катушки — лентой одним слоем внахлест.

2. Обмотанный ротор пропитывают двукратно в пропиточном лаке.

3. Лобовые части покрывают эмалью ГФ-92-ГС.

Таблица 127. Обмоточные данные статоров электродвигателей III—V габаритов с обмоткой из медного провода

Тип электродвигателя серии А, АО	Мощность кВт	Напря- жение, В	Число па- зов на фазу $q$	Число про- водников в пазу $n$	Диаметр провода без изо- ляции $d$ , мм	Шаг обмотки по пазам $уД$	Средняя длина витка $l_{ср}$ , м	Сопротив- ление фазы обмотки $r$ , Ом	Масса обмотки провода с изоля- цией, кг
А31-2, АО31-2 АОС31-2	1	127/220	4	43	0,93	1—12	0,48	2,15	1,57
	1	220/380	4	74	0,67		0,48	7,15	1,43
А32-2 АО32-2	1,7	127/220	4	29	1,12	1—12	0,55	1,14	1,77
	1,7	220/380	4	51	0,83		0,55	3,67	1,73
А31-4, АО31-4 АОС31-4	0,6	127/220	2	68	0,77	1—8	0,36	3,7	1,3
	0,6	220/380	2	118	0,57		0,36	11,7	1,25
А32-4 АО32-4	1	127/220	2	46	0,96	1—8	0,43	1,92	1,62
	1	220/380	2	80	0,72		0,43	5,93	1,60
А31-6 АО31-6	0,4	127/220	2	72	0,72	1—8	0,33	5,81	1,64
	0,4	220/380	2	125	0,53		0,33	18,6	1,56
А32-6 АО32-6	0,6	127/220	2	47	0,93	1—8	0,4	2,95	2,15
	0,6	220/380	2	81	0,69		0,4	9,11	2,06
А41-2	2,8	127/220	4	27	1,4	1—12	0,58	0,715	2,7
		220/380	4	47	1,12		0,58	1,96	3,02
АО41-2 АОС41-2	1,7	127/220	4	31	1,35	1—12	0,58	0,885	2,88
	1,7	220/380	4	53	1,04		0,58	2,58	2,95

Тип электродвигателя серии А, АО	Мощность, кВт	Напря- жение, В	Число пазов на полос и фазу $q$	Число проводников в пазу $n$	Диаметр провода без изо- ляции $d$ , мм	Шаг обмотки по пазам $y_{II}$	Средняя длина вытка $l_{cp}$ , м	Сопротив- ление фазы обмотки $r$ , Ом	Масса об- мотки про- вода с изоляци- ей, кг
A42-2	4,5	127/220 220/380	4 4	18×3 31	1 1,35	1—12	0,66 0,66	0,36 1,01	3,17 3,27
AO42-2 AOC42-2	2,8 2,8	127/220 220/380	4 4	23×3 39	0,9 1,16	1—12	0,66 0,66	0,57 1,7	3,27 3,05
A41-6 AO41-6	1 1	127/220 220/380	2 2	44 76	1,04 0,77	1—8	0,39 0,39	2,14 6,82	2,47 2,36
A42-6, AO42-6 AOC42-6	1,7 1,7	127/220 220/380	2 2	29 50	1,35 1	1—8	0,47 0,47	1,03 3,2	3,02 2,82
A51-2	7	127/220 220/380	4 4	(9+9) 4 (16+16) 2	1,2 1,3	1—10	0,68 0,68	0,19 0,575	6,22 6,5
AO51-2 AOC51-2	4,5 4,5	127/220 220/380	4 4	(11+11) 4 (19+19) 2	1,08 1,16	1—10	0,68 0,68	0,285 0,855	6,2 6,15
A52-2	10	127/220 220/380	4 4	(6+6) 4 (11+11) 3	1,5 1,25	1—10	0,78 0,78	0,092 0,326	7,4 7,1
AO52-2 AOC52-2	7,0 7,0	127/220 220/380	4 4	(8+8) 4 (13+13) 3	1,3 1,16	1—10	0,78 0,78	0,164 0,447	7,44 7,22

Примечание. Для двигателей А31-2, АО31-2, АО31-4, А31-4 приведены данные при длине пафта статора 64 мм, а для двигателей А32-2, АО32-2 и А32-4, АО32-4 — при длине пафта 100 мм. Соединение фаз при напряжении 500 В — в звезду.

Таблица 128. Обмоточные данные статоров электродвигателей III—V габаритов с обмоткой из алюминиевого провода

Тип электро- двигателя серии А, АО	Мощность, кВт	Напряжение, В	Число пазов на полюс и фазу $q$	Число проводников в пазу $n$	Диаметр провода без изо- ляции $d$ , мм	Шаг обмотки по пазам $y_D$	Средняя длина витка $l_{ср}$ , м	Сопротивле- ние фазы обмотки $r$ , Ом	Масса обмотки провода с изоляцией, кг
А31-2А	1,0	127/380	4	42	1	1—12	0,48	2,79	0,53
АО31-2А		220/380	4	73	0,77		0,48	8,18	0,54
А32-2А	1,7	127/380	4	28	1,25	1—12	0,55	1,38	0,64
АО32-2А		220/380	4	49	0,93		0,55	4,37	0,61
А41-2А	2,8	127/380	4	27	1,62	1—12	0,58	0,85	1,10
АО41-2А		220/380	4	47	1,3		0,58	2,3	1,24
	1,7	127/380	4	31×2	1,04	1—12	0,58	1,21	1,07
		220/380	4	53	1,12		0,58	3,53	1,07
А51-2А	7,0	127/380	4	(9+9) 4	1,35	1—10	0,68	0,239	2,40
		220/380	4	(16+16) 2	1,4	1—10	0,68	0,792	2,29
		500	4	(21+21) 2	1,2	1—10	0,68	1,42	2,23
АО51-2А	4,5	127/380	4	(9+9) 4	1,35	1—10	0,68	0,239	2,40
		220/380	4	(16+16) 2	1,4	1—10	0,68	0,792	2,29
		500	4	(21+21) 2	1,2	1—10	0,68	1,42	2,23

Примечание. Обмотка статора выполнена проводом ПЭВА-2 или ПЭЛРА-2 по классу Е. Соединение фаз при напряжении 500 В — в звезду.

Таблица 129. Обмоточные данные роторов электродвигателей АК V—VII габаритов

Тип электродвигателя серии АК	Напряжение, В	Ток, А	Число пазов ротора $Z$	Число проводников в пазу $n$	Размеры прямоугольного голого обмоточного провода $a \times b$ , мм	Шаг обмотки по пазам $y_{II}$	Средняя длина витка $l_{cp}$ , м	Сопротивление фазы обмотки г, мм	Масса обмотки провода с изоляцией, кг
AK51-4	84	22,5	54	3+3	1,81×2,1	1—14	0,53	0,14	2,91
AK52-4	131	22	54	3+3	1,81×2,1	1—14	0,63	0,166	3,46
AK51-6	57	20,2	54	3+3	1,81×2,1	1—14	0,49	0,13	2,68
AK52-6	91	21,2	54	3+3	1,81×2,1	1—10	0,59	0,156	3,24
AK60-4	150	32	48	5+5	2,1×2,631	1—13	0,56	0,156	6,4
AK61-4	207	32	48	5+5	2,1×2,63	1—13	0,60	0,167	6,9
AK62-4	250	36,5	48	5+5	2,1×2,63	1—13	0,65	0,181	7,4
AK60-6	117	26	60	5+5	2,1×2,63	1—11	0,53	0,184	7,5
AK61-6	175	26	60	5+5	2,1×2,63	1—11	0,57	0,199	8
AK62-6	225	30	60	5+5	2,1×2,63	1—11	0,62	0,216	8,7
AK62-8	168	28	60	5+5	2,1×2,63	1—8	0,586	0,204	8,4
AK71-4	193	63	48	3+3	2,44×4,7	1—13	0,73	0,0562	10,92
AK72-4	250	71	48	3+3	2,44×4,7	1—13	0,80	0,0611	12
AK71-6	157	63	60	3+3	2,44×4,7	1—11	0,69	0,0656	12,85

**Таблица 130. Среднее значение плотностей тока, кпд и  $\cos \varphi$  асинхронных электродвигателей нормального исполнения**

Мощность, кВт	Синхронная частота вращения, об/мин	Плотность тока в обмотках, А/мм <sup>2</sup>		Практические пределы величин	
		статор	ротор	кпд	$\cos \varphi$
0,1—1	3000	4,4—4	6,7—5,8	0,70—0,81	0,7—0,8
1,1—7,5	1500	4—3,7	5,9—5,1	0,8—0,96	0,8—0,85
7,6—25	1000	3,7—3,5	5,1—4,8	0,86—0,89	0,83—0,88
26—100	750	3,5—3,3	4,8—4,5	0,88—0,91	0,87—0,91

В табл. 131—132 приведены коэффициенты заполнения паза ( $K_p$ ) и обмоточные коэффициенты ( $K_w$ ) асинхронных электродвигателей, используемых при ремонтных работах.

**Таблица 131. Коэффициент заполнения паза  $K_p$**

Форма паза	Тип обмотки	$K_p$ , кВт, при мощности		
		до 1	1—10	10—100
Трапецидальная	Однослойная	0,37	0,4	0,43
Грушевидная	»	0,42	0,46	0,5
Трапецидальная	Двухслойная	0,36	0,37	0,4
Грушевидная	»	0,37	0,4	0,43

Примечание. При ремонте обмоток  $K_p$  упрощает расчет, так как при его применении площадь паза определяется без учета изоляции. Величина его зависит от формы паза и типа обмотки.

**Таблица 132. Обмоточные коэффициенты трехфазных однослойных обмоток электродвигателей**

Число пазов на полюс и фазу $q$	Обмоточный коэффициент $K_w$	Число пазов на полюс и фазу $q$	Обмоточный коэффициент $K_w$
1	1	4	0,9588
1,5	0,96	4,5	0,955
2	0,966	5	0,957
2,5	0,957	6	0,957
3	0,96	8	0,956
3,5	0,956	—	—

## 21. Нормы испытаний электрических машин после ремонта

Электрические машины после ремонта подвергают приемо-сдаточным испытаниям.

Испытания, проводимые после ремонта электрических машин, осуществляют по программе и методике, которые предусмотрены ГОСТ 183—74, 11828—75, 10169—77, 17494—72, 12379—75, 7217—66.

Электрические машины мощностью до 100 кВт и напряжением до 1000 В проходят следующие испытания:

1. Измерение сопротивления изоляции всех обмоток относительно корпуса и между собой.

2. Измерение сопротивления изоляции обмоток постоянному току.

3. Испытание изоляции повышенным напряжением.

4. Проведение опыта холостого хода.

В табл. 133—136 приведены испытательные напряжения электродвигателей при ремонте обмоток.

**Таблица 133. Испытательное напряжение обмотки статора  
(с жесткими катушками или со стержневой обмоткой)  
при ремонте электродвигателей**

Наименование	Испытательное напряжение, кВ, при частоте 50 Гц для электродвигателей на номинальное напряжение, кВ, мощностью до 1000 кВт				
	до 0,5 включи- тельно	2	3	6	10
Отдельная катушка (стержень)* перед укладкой	4,5	11**	13,5	21,5	31,5
Обмотки после укладки в пазы до пайки межкатушечных соединений	3,5	9	11,5	18,5	29
Обмотки после пайки и изолировки соединений	3	6,5	9	15,8	25
Главная изоляция обмотки собранной машины (каждая фаза по отношению к корпусу при двух других заземленных)	—***	5	7	13	21

У электродвигателей, не имеющих выводов каждой фазы отдельно, допускается производить испытание всей обмотки относительно корпуса

\* Если стержни или катушки изолированы микалентой без компаундирования изоляции, то испытательное напряжение может быть снижено на 50%.

\*\* Если катушка или стержни после изготовления были испытаны данным напряжением, то при повторных испытаниях перед укладкой допускается снизить испытательное напряжение на 1 кВ.

\*\*\* Испытательное напряжение в соответствии с ГОСТ 183—74 установлено равным  $2U$  ном — 1 кВ, но не ниже 1,5 кВ.

**Таблица 134. Испытательное напряжение внешних обмоток при ремонте электродвигателей**

Наименование	Испытательное напряжение, кВ, при частоте 50 Гц для электродвигателей мощностью, кВт	
	0,2—10	более 10 до 1000
Обмотки после укладки в пазы до пайки межкатушечных соединений	2,5	3
Обмотки после пайки и изолировки межкатушечных соединений, если намотка производится по группам или по катушкам	2,3	2,7
Обмотки после пропитки и запрессовки обмотанного сердечника	2,2	2,5
Главная изоляция обмотки собранного электродвигателя	$2U_{\text{ном}} + 1$ , но не ниже 1,5	$2U_{\text{ном}} + 1$ , но не ниже 1,5

**Таблица 135. Испытательное напряжение при частичной смене обмотки статора с жесткими катушками при ремонте электродвигателей**

Наименование	Испытательное напряжение, кВ, при частоте 50 Гц
Запасные катушки (секции, стержни) перед закладкой в электродвигатель	$2,25U_{\text{ном}} + 2$
То же, после закладки в пазы перед соединением со старой частью обмотки	$2U_{\text{ном}} + 1$
Оставшаяся часть обмотки	$2U_{\text{ном}}$
Главная изоляция обмотки полностью собранного электродвигателя	$1,7U_{\text{ном}}$
Витковая изоляция	Амплитуда импульсного испытательного напряжения до укладки секций в пазы для проводов ПБД, ПСД, ПДА — 420 В, а после укладки и бандажировки — 360 В

**Таблица 136. Испытательное напряжение обмотки ротора при ремонте асинхронного электродвигателя с фазным ротором**

Наименование	Испытательное напряжение, кВ, при частоте 50 Гц
Стержни обмотки после изготовления, но до закладки в пазы	$2U_{\text{рот}}-3$
Стержни обмотки после закладки в пазы, но до соединения	$2U_{\text{рот}}-2$
Обмотки после соединения, пайки и бандажировки	$2U_{\text{рот}}-1$
Контактные кольца до соединения с обмоткой	$2U_{\text{рот}}-2,2$
Оставшаяся часть обмотки после выемки зажимных катушек (секций, стержней)	$2U_{\text{рот}}$ , но не ниже 1,2
Вся обмотка после присоединения новых катушек (секций, стержней)	$1,7U_{\text{рот}}$ , но не ниже 1

Примечания: 1.  $U_{\text{рот}}$  — напряжение на кольцах при разомкнутом и неподвижном роторе и номинальном напряжении на статоре.

2. При частичной смене обмотки после соединения, пайки и бандажировки значение испытательного напряжения принимается равным  $1,5U_{\text{рот}}$ , не ниже 1 кВ. Продолжительность испытания — 1 мин.

В соответствии с ГОСТ 183—74 состояние коллектора и щеток проверяют не ранее чем через 2 ч после начала работы для машин мощностью до 100 кВт.

Электрические машины без повреждений и остаточных деформаций должны выдерживать в течение 2 мин повышение частоты вращения на 20% сверх номинальной. Направление вращения машины должно быть правым, если нет других технических указаний. Нормы собственной вибрации машины должны соответствовать ГОСТ 16921—71, а уровень шума — ГОСТ 16372—70.

Температура подшипников электрических машин не должна превышать: 80°С — для подшипников скольжения (при температуре масла не более 65°С), 100°С — для подшипников качения.

## Глава V. РЕМОНТ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

### 22. Общие сведения о силовых трансформаторах

Ремонт силовых трансформаторов I и II габаритов осуществляют в электроремонтных цехах крупных предприятий. На небольших предприятиях, где нет соответствующей базы, трансформаторы отправляют для ремонта на специализированные ремонтные заводы.

Силовые трансформаторы условно делят на семь габаритов в зависимости от класса напряжения обмоток ВН и мощности (табл. 137).

Силовые трансформаторы с III габарита ремонтируют на специализированных предприятиях или по месту их эксплуатации специальные бригады при наличии оборудованного помещения. В табл. 138—140 приведены технические данные силовых трансформаторов.

**Таблица 137. Классификация трансформаторов  
общего назначения (ГОСТ 9680—61)**

Габарит трансформатора	Номинальная мощность, кВ·А, соответствующая габариту трансформатора	Класс напряжения, кВ
I	10, 16, 25, 40, 63	35 (6, 10)
II	100, 160, 250, 400, 630	35 (6, 10, 35)
III	1000, 1600, 2500, 4000, 6300	35 (6, 10, 35)
IV	10000, 16000, 25000, 40000, 63000	35

**Таблица 138. Буквенные и цифровые обозначения типов  
силовых трансформаторов (ГОСТ 11677—75)**

Характеристика трансформатора	Индекс марки	Номер индекса в марке
Силовой:		
трехфазный	Т	1
с расщепленной обмоткой	Р	1а
Автотрансформатор	А	1
Силовой однофазный	О	1
С охлаждением:		
масляным естественным	М	2
с дутьем и естественной циркулирующей масла	Д	2
с дутьем и принудительной циркулирующей масла	ДЦ	2
масляно-водяным и с естественной циркулирующей масла	МВ	2
с принудительной циркуляцией воды и масла	Ц	2
жидким негорючим диэлектриком естественным	Н НД	2 2
С охлаждением воздушным и естественным при открытом исполнении	С	2
В защищенном исполнении	СЗ	2
В герметичном исполнении	СГ	2
С дутьем	СД	2
Трехобмоточный	Т	2а
С регулированием под напряжением	Н	2а
Год выпуска	—	6

Характеристика трансформатора	Индекс марки	Номер индекса в марке
Номинальная мощность, кВ·А	10—80 000	3
Напряжение на первичной обмотке, кВ	6—500	4
Напряжение на вторичной обмотке, кВ	—	5

Примечание. Приведенный перечень буквенных обозначений типов неполный, так как для всех видов и назначений трансформаторов в обозначение типа вводят дополнительные буквы. Так, для трансформаторов, предназначенных для питания электроплавильных печей, добавляют букву Э, для сварочных — С и т. д. Вторичное употребление буквы Т показывает, что трансформатор трехобмоточный. У трансформаторов с алюминиевыми обмотками после второго индекса ставят букву А. Некоторые заводы вводят после первого индекса букву С, что означает применение магнитопровода из листов холоднокатаной стали (например, ТСМА-160/10/0,4). Цифры в числителе показывают мощность трансформатора в киловольтамперах, в знаменателе — класс напряжения обмотки высшего напряжения в киловольтах. Например, ТМ-100/6 — трехфазный, масляное охлаждение с естественной циркуляцией, мощность 100 кВ·А, класс напряжения 6 кВ.

Таблица 139. Условные обозначения начал и концов фазных обмоток и ответвлений силовых трансформаторов

Высшего напряжения		Низшего напряжения		Среднего напряжения	
начало	конец	начало	конец	начало	конец
<i>A</i>	<i>X</i>	<i>a</i>	<i>x</i>	<i>A<sub>m</sub></i>	<i>X<sub>m</sub></i>
<i>B</i>	<i>Y</i>	<i>b</i>	<i>y</i>	<i>B<sub>m</sub></i>	<i>Y<sub>m</sub></i>
<i>C</i>	<i>Z</i>	<i>c</i>	<i>z</i>	<i>C<sub>m</sub></i>	<i>Z<sub>m</sub></i>

Обмотки трехфазных трансформаторов могут быть соединены в звезду, треугольник или зигзаг. Соответственно эти схемы обозначают знаками  $\star$ ,  $\triangle$ ,  $\text{Z}$  или буквами *Y*, *D*, *Z*.

При выводе ответвления от нейтрали обмотки, соединенной звездой или зигзагом, к буквенным обозначениям их добавляют букву «н» (например *Y<sub>n</sub>*, *Z<sub>n</sub>*).

Обмотки высшего напряжения — ВН, среднего напряжения — СН и низшего напряжения — НН трансформаторов соединяют в схемы и группы:

1. Для трехфазных двухобмоточных трансформаторов — *Y/Y<sub>n</sub>-0*; *Y/D-11*; *Y<sub>n</sub>/D-11*; *Y/Z<sub>n</sub>-11*; *D/Y<sub>n</sub>-11* и *D/D<sub>n</sub>-0*.

Условное графическое обозначение схем и диаграмм векторов напряжений показано на рис. 13.

2. Обмотки однофазных двухобмоточных трансформаторов — *1/1=0*. Цифры 0 и 11 показывают группы соединения обмоток — нулевую и одиннадцатую.

В целях поддержания необходимого уровня напряжения у потребителя осуществляют регулирование напряжения трансформатора. Регулирование производят посредством переключения ответвле-

Рис. 13. Схемы соединения обмоток силовых трансформаторов: *a* — трехфазных двухобмоточных, *b* — однофазных двухобмоточных

Схемы соединения обмоток		Диаграммы векторов напряжений холостого хода		Условные обозначения
ВН	НН	ВН	НН	
				$y/y_H - 0$
				$y/D - 11$
				$y_H/D - 11$
				$y/Z_H - 11$
				$D/y_H - 11$
				$D/D - 0$

а)

Схема соединения обмоток		Диаграмма векторов напряжений холостого хода		Условное обозначение
ВН	НН	ВН	НН	
				$I/I - 0$

б)

Таблица 140. Технические данные трехфазных двухобмоточных масляных трансформаторов общего назначения (ГОСТ 12022—76)

Тип трансформатора	Номинальное напряжение, кВ		Схема и группа соединенный обмоток	Потери, Вт		$i_0, \%$ $I_H$	Масса, кг	Переключающее устройство
	ВН	СН		холостого хода (х.х.)	короткого замыкания (к.з.)			
ТМ25	6; 10	0,4	Y/Y <sub>H</sub> -0 Y/Z <sub>H</sub> -11	130	600	3,2	380	ПВВ
				690				
ТМ40	6; 10	0,4	Y/Y <sub>H</sub> -0 Y/Z <sub>H</sub> -11	175	880	3	485	ПВВ
				1000				
ТМ63	6; 10	0,4	Y/Y <sub>H</sub> -0 Y/Z <sub>H</sub> -11	240	1280	2,8	600	ПВВ
				1470				
ТМ100	6; 10	0,4	Y/Y <sub>H</sub> -0 Y/Z <sub>H</sub> -11	330	1970	2,6	720	ПВВ
				2270				
ТМ100	35	0,4	Y/Y <sub>H</sub> -0 Y/Z <sub>H</sub> -11	420	1970	2,6	1300	ПВВ
				2270				
ТМ160	6; 10	0,4	Y/Y <sub>H</sub> -0	510	2650	2,4	1100	ПВВ

ТМ160	6; 10	0,69	$D/Y_{H-11}$	510	3100	4,5	1150	ПБВ
ТМФ160	6; 10	0,4	$Y/Z_{H-11}$	510	3100	4,7	1100	ПБВ
ТМ160	35	0,4	$Y/Y_{H-0}$	620	2650	6,5	1700	ПБВ
ТМ250	6; 10	0,4	$D/Y_{H-11}$	620	3100	6,5	1700	ПБВ
ТМФ250	6; 10	0,4	$Y/Z_{H-11}$	620	3100	6,8	1700	ПБВ
ТМ250	6; 10	0,4	$Y/Z_{H-11}$	740	3700	4,5	1425	ПБВ
ТМ250	6; 10	0,69	$Y/Z_{H-11}$	740	4200	4,5	1425	ПБВ
ТМ250	35	0,4	$Y/Z_{H-11}$	740	4200	4,7	1475	ПБВ
ТМ400	6; 10	0,4	$Y/Y_{H-0}$	900	3700	6,5	2000	ПБВ и РПН
ТМ400	35	0,4	$Y/Z_{H-11}$	900	4200	6,5	2000	ПБВ и РПН
ТМ630	6; 10	0,4	$Y/Z_{H-11}$	900	4200	6,8	2000	ПБВ и РПН
ТМ630	35	0,4	$Y/Y_{H-0}$	950	5500	4,5	1900	ПБВ и РПН
ТМ400	6; 10	0,4	$Y/Y_{H-0}$	1200	5500	6,5	2700	ПБВ и РПН
ТМ630	6; 10	0,4	$Y/Y_{H-0}$	1310	7600	3,5	3000	ПБВ и РПН
ТМ630	35	0,4	$Y/Y_{H-0}$	1600	7600	6,5	3500	ПБВ и РПН

ний обмоток и изменения числа витков обмотки ВН и НН с помощью переключающих устройств — ПБВ и РПН (ГОСТ 17500—72). Трансформаторы мощностью до 1000 кВ·А имеют три ступени регулирования напряжения: +5%, номинал, —5%; мощностью от 1600 кВ·А и выше — пять и более ступеней: +5%, +2,5%, номинал, —2,5%, —5% (табл. 141, 142).

Таблица 141. Ступени регулирования напряжения для ПБВ, кВ (при полностью отключенном от сети трансформаторе), ГОСТ 17500—72

+5%	+2,5%	Номинальное	—2,5%	—5%
6,5	6,3	6	5,85	5,7
10,5	10,25	10	9,75	9,5
21	20,5	20	19,5	19
36,75	35,87	35	34,13	33,25

Таблица 142. Ступени регулирования напряжения для РПН, кВ (трансформатор под нагрузкой, от сети не отключен), ГОСТ 17500—72

+10%	+8,34%	+6,67%	+5%	+3,34%	+1,67%
6,6	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1
11	10,83	10,67	10,5	10,35	10,17
22	21,67	21,33	21	20,67	20,33
38,5	37,92	37,33	36,75	36,17	35,58

*Продолжение табл. 142*

Номинальное	—1,67%	—3,34%	—5%	—6,67%	—8,34%	—10%
6	5,9	5,8	5,7	5,6	5,5	5,4
10	9,8	9,67	9,5	9,33	9,17	9
20	19,67	19,33	19	18,67	18,33	18
35	34,42	33,83	33,25	32,67	32,08	31,05

Технические требования к ремонту силовых трансформаторов общего назначения приведены в ТУ 16519012—71 Министерства электропромышленности. Согласно ТУ, каждый трансформатор должен во всех случаях удовлетворять электрической прочности, термической и электродинамической стойкости (табл. 143).

Таблица 143. Наибольшие допустимые превышения температуры отдельных частей трансформатора над температурой окружающей среды (ГОСТ 11677—75)

Элемент трансформатора	Допустимое превышение температуры, °С	Метод измерения
Обмотки	65	По изменению сопротивления постоянному току
Поверхности магнитопровода и конструктивных элементов	75	По термометру или термомпаре
Масло или другой жидкий диэлектрик в верхних слоях:		
исполнение герметичное или с устройством, полностью защищающим масло или другой жидкий диэлектрик от соприкосновения с окружающим воздухом	60	То же
в остальных случаях	55	»

### 23. Неисправности и ремонт магнитопровода трехфазных масляных трансформаторов

При ремонтах трансформаторов иногда возникает необходимость в восстановлении или полной замене изоляции пластин магнитопровода. Это требует перешихтовки магнитопровода. В магнитопроводах трансформаторов мощностью до 2500 кВ·А, выпускавшихся промышленностью до 1970 г., применялись конструкции, которые отсутствуют в магнитопроводах современных трансформаторов, в частности, ярма магнитопроводов имели прямоугольную или Т-образную форму. В магнитопроводах современных трансформаторов форма сечения ярма повторяет форму сечения стержня.

Таблица 144. Неисправности магнитопровода

Неисправность	Причина	Способ ремонта
Повышенное гудение в трансформаторе	Ослабла прессовка магнитопровода	Вынуть и осмотреть активную часть. Подтянуть прессующие шпильки

Неисправность	Причина	Способ ремонта
<p>Ухудшение характеристик трансформаторного масла: понижение температуры вспышки, пробивного напряжения, повышенные кислотного числа, увеличение потерь холостого хода</p>	<p>Дефект изоляции пластин магнитопровода, наличие забоин, нарушение схемы заземления; влага, проникающая между пластинами в виде водомасляной эмульсии и вызывающая коррозию стали магнитопровода</p>	<p>Вынуть и осмотреть активную часть. Сделать анализ масла. Провести испытание на потери холостого хода. Проверить изоляцию стяжных шпилек или бандажей мегаомметром. При необходимости замены изоляции следует сделать расшировку, изолировку пластин. Заменить изоляцию стяжных шпилек</p>
<p>Потрескивание внутри трансформатора Появление газа в газовом реле и срабатывание газовой защиты. Темный цвет и специфический разкий запах масла. Понижение потерь и тока холостого хода</p>	<p>Обрыв заземления магнитопровода Местное повреждение изоляции пластин и замыкание. Неправильное заземление, создающее короткозамкнутый контур. Разрушение изолирующих прокладок в стыках. Наличие посторонних металлических или токопроводящих частиц. Касание какой-либо металлической частью стержня в двух местах</p>	<p>При вынутом магнитопроводе восстановить заземление Вынуть активную часть и осмотреть. Сделать анализ масла. Провести испытания на потери тока холостого хода. Проверить изоляцию стяжных шпилек или бандажей мегаомметром и при необходимости заменить. При обнаружении мелких дефектов места спекания между собой двух или нескольких пластин вырубают и пластины разводят, между ними вставляют полоски кабельной или телефонной бумаги. Места подготавливают покрывают изоляционным лаком</p>
<p>Повышенный ток холостого хода при нормальных потерях холостого хода</p>	<p>Увеличены зазоры в стыках между пластинами активной части. Плохая шихтовка. Толщина прокладок в стыках завышена</p>	<p>Провести испытание на потери холостого хода. Провести осмотр при вынутой активной части</p>

В старых конструкциях трансформаторов магнитопроводы стягивались горизонтальными шпильками, проходящими сквозь отверстия в пластинах и изолированными от стали магнитопровода. В настоящее время в трансформаторах мощностью 250—630 кВ·А применяют магнитопроводы так называемой «бесшпильчной» конструкции, в которых прессовку пластин стержней осуществляют планками и клиньями, забиваемыми между цилиндром и магнитопроводом. Все это необходимо учитывать при ремонте (табл. 144, 145).

Таблица 145. Технологические операции  
ремонта магнитопровода

Наименование ремонтных операций	Способ выполнения
Дефектовка магнитопровода	Проводят осмотр, очистку и испытание
Изоляция стяжных шпилек. Осмотр, испытание мегаомметром	Заменяют бумажно-бакелитовую трубку, изготовляя ее из кабельной бумаги толщиной 0,12 мм и при намотке на шпильку пропитывая бакелитовым лаком и запекая. Толщина стенок изоляционных трубок, мм, для диаметров шпилек, мм, должна быть: от 12 до 25 — 2—3; 25—30 — 3—4; более 50 — 5—6. Изолирующие шайбы и прокладки изготовляют из электротехнического картона ЭМ толщиной не менее 2 мм, диаметр изолирующей шайбы на 3—5 мм должен быть больше диаметра нажимной
Переизолирование пластин электротехнической стали верхнего ярма	Обычно магнитопроводы полностью не ремонтируют, а заменяют новыми, которые получают с завода. Ремонту подвергают старые выпуски трансформаторов, имеющих бумажную изоляцию. Ограничиваются только переизолировкой пластин верхнего ярма. Сначала удаляют старый слой изоляции. Листы, покрытые бумажной изоляцией, отпаривают в горячей воде. Затем листы обжигают в термической печи с равномерным нагревом при температуре 300—400°С в течение 2—3 мин
Изолировка пластин, запекание лаковой пленки	Нанесение и запекание лаковой пленки на пластинах производят на лакировальной установке. Толщина двустороннего покрытия должна быть не более 0,02 мм, а одностороннего — 0,01 мм. При 300—600°С лак сохнет не более 1 мин. После лакировки и запекания проверяют качество изоляции лаковой пленки

Наименование ремонтных операций	Способ выполнения
Изготовление новых пластин с последующей изоляровкой	Раскрой выполняют так, чтобы длинная сторона была обязательно вдоль проката. Отверстия для стяжки шпилек делают штампом
Зашихтовка верхнего ярма	Шихтуют верхнее ядро с середины центрального пакета одновременно с двух сторон ядра. При шихтовке используют эскиз, снятый при расшихтовке

При ремонте магнитопровода для изоляции стяжных шпилек применяют бумажно-бакелитовые трубки марки ТБ с внутренним диаметром 6—80 мм и длиной 2000 мм согласно ГОСТ 8726—72 (табл. 146).

Таблица 146. Выбор изоляционных трубок в зависимости от диаметров шпилек и отверстий в активной стали, мм

Диаметр трубки (внутренний и наружный)	Стержни		Ярма	
	диаметр отверстия	диаметр шпильки	диаметр шпильки	толщина слоя изоляции на сторону
14/18	20	12	15—25	2—3
18/22	24	16	25—50	3—4
22/26	28	20	Свыше 50	5—6
28/32	34	24	—	—

Для электрической изоляции ярмовых балок от активной стали ярма и создания охлаждающего масляного канала между яром и балкой, для изоляции накладок, плит, бандажей и других крепежных деталей используют прокладки из электроизоляционного

картона марок В и Г. Стяжные шпильки магнитопровода выбирают по табл. 147.

Таблица 147. Выбор диаметра стяжных шпилек в зависимости от массы активной части трансформатора

Масса активной части (нагрузка на четыре шпильки), кг	Диаметр шпильки, мм
До 1000	12
1000—2000	16
2000—3000	20
3000—5000	24

При ремонте магнитопровода допускается отклонение пластин от основных размеров по длине и ширине до 400 мм —  $\pm 0,4$ ; по длине от 400 до 800, от 800 до 2000 и от 2000 до 3000 мм соответственно:  $-0,5$ ;  $-1,0$ ;  $-1,5$  и по ширине пластин более 400 мм —  $+0,6$ .

Большинство трансформаторов, поступающих в ремонт, имеют магнитопроводы шпильечной конструкции. Однако в целях повышения эксплуатационной надежности трансформаторов III и выше габаритов при ремонтах магнитопроводов шпильечной конструкции производят замену стяжных шпилек на бандажи. Фиксацию пластин стержней и ярм осуществляют вместо шпилек бандажами (стальными или стеклолентными). Отверстия, выштампованные в пластинах магнитопровода, остаются свободными и служат своеобразными каналами для охлаждения магнитопровода.

## 24. Неисправности и ремонт обмоток

Различают два вида расположения обмоток на стержнях магнитопровода: концентрическое, когда одна обмотка расположена внутри другой, и чередующиеся, когда обмотки расположены одна над другой вдоль оси стержня.

Наибольшее распространение получили концентрически расположенные цилиндрические обмотки, выполненные из круглого или прямоугольного провода.

Цилиндрические обмотки изготовляют одно-, двух- и многослойными (табл. 148).

Таблица 148. Типы цилиндрических обмоток ВН и НН для масляных трансформаторов

Тип обмотки	Материал обмоток	Применение				Число параллельных проводов	
		по мощности на стержень, кВ·А	по току на стержень, А	по напряжению, кВ	по сечению витка, мм <sup>2</sup>		
					от	до	
Цилиндрическая одно- слойная и двухслойная из прямоугольного провода	Медь	До 250	От 15—18 до 800	От 6 до 10	От 4,92 до 250	1	4
	Алюминий		От 8—10 до 600—650		От 7,21 до 300		
Цилиндрическая много- слойная из круглого прово- да:	Медь	До 250	До 40—50	От 6 до 35	До 21	1	1
	Алюминий		До 80—100	От 6 до 35	До 42		
а) в один провод	Алюминий		До 35—40	От 6 до 35	До 21		
			До 70—80		До 42	2	2
б) в два провода	Медь	До 335	До 40—50	До 35	До 21	1	1
		Алюминий	До 35—40	До 35	До 22	1	1
Винтовая одноходовая, двухходовая из прямоуголь- ного провода	Медь	От 50 и вы- ше	От 300 и выше	До 15 (ред- ко до 35)	От 75—100 и выше	4	12—15
	Алюминий	От 25 и вы- ше	От 150—200 и выше	До 15 (ред- ко до 35)	От 75—100 и выше	4	12—15

Обмотки масляных силовых трансформаторов III и выше габаритов преимущественно выполняют из медных обмоточных проводов ПБ и ПБУ, а для I и II габаритов применяют алюминиевые провода АПБ и АПБУ (табл. 149, 150, 151).

Толщину изоляции обмоточных проводов принято указывать на обе стороны. Толщина изоляции выбирается в зависимости от напряжения: для обмоток трансформаторов класса напряжения до 35 кВ и в зависимости от размера провода применяют изоляцию толщиной до 0,45 мм, для класса 110 кВ — толщиной 1,35—2 мм.

ГОСТ 16512—70 устанавливает следующие размеры изоляции прямоугольных обмоточных проводов (на обе стороны): ПБ и АПБ — 0,45; 0,55; 0,72; 0,96; 1,2; 1,68; 1,92 мм, ПБУ и АПБУ — 2,0; 2,48; 2,96; 3,6; 4,08 мм.

Плотность тока в обмотках выбирают по условиям нагрева в пределах 2,5—4,5 А/мм<sup>2</sup>.

Таблица 149. Диаметры и расчетные сечения круглых медных и алюминиевых обмоточных проводов ПБ и АПБ (без изоляции)

Диаметр, мм	Расчетное сечение, мм <sup>2</sup>	Диаметр, мм	Расчетное сечение, мм <sup>2</sup>	Диаметр, мм	Расчетное сечение, мм <sup>2</sup>
1	0,785	1,5	1,767	2,63	5,43
1,04	0,849	1,56	1,911	2,83	6,29
1,08	0,916	1,62	2,06	3,05	7,03
1,12	0,985	1,68	2,216	3,28	8,449
1,16	1,056	1,74	2,379	3,53	9,78
1,2	1,131	1,81	2,573	3,8	11,35
1,25	1,227	1,88	2,73	4,1	13,22
1,3	1,327	1,95	2,936	4,5	15,9
1,35	1,431	2,02	3,21	4,8	18,1
1,4	1,54	2,26	4,011	5,2	21,25
1,45	1,652	2,44	4,67		

Примечание. Алюминиевые провода АПБ изготовляют, начиная с диаметра 1,35 мм.

Таблица 150. Расчетные сечения, мм<sup>2</sup>, прямоугольной медной проволоки, применяемой при ремонте трансформаторов

Номинальный размер проволоки по стороне <i>b</i>	Номинальные размеры проволоки по стороне <i>a</i>											
	0,9	1	1,08	1,16	1,25	1,35	1,45	1,56	1,68	1,81	1,95	2,1
2,1	1,81	1,89	2,06	2,23	2,42	2,63	2,84	3,07	3,32	3,59	3,83	3,92
2,26	1,96	2,05	2,23	2,41	2,62	2,84	3,07	3,32	3,59	3,83	—	—
2,44	2,13	2,23	2,43	2,62	2,84	3,08	3,33	3,6	3,89	4,21	4,55	4,64
2,63	2,3	2,42	2,63	2,84	3,08	3,34	3,6	3,8	4,21	4,55	4,92	5,04
2,83	2,48	2,62	2,85	3,07	3,33	3,61	3,89	4,2	4,54	4,91	5,31	5,46
3,05	—	2,84	3,08	3,33	3,6	3,91	4,21	4,55	4,91	5,31	5,74	5,93
3,28	—	3,07	3,33	3,6	3,89	4,22	4,55	4,91	5,3	5,73	6,19	6,14
3,53	—	3,32	3,6	3,89	4,2	4,56	4,91	5,3	5,72	6,18	6,67	6,93
3,8	—	3,59	3,89	4,2	4,54	4,92	5,3	5,72	6,17	6,67	7,2	7,5
4,1	—	3,89	4,22	4,55	4,92	5,33	5,74	6,19	6,68	7,21	7,79	8,13
4,4	—	4,19	4,54	4,89	5,29	5,73	6,17	6,65	7,18	7,75	8,37	8,76
4,7	—	4,49	4,87	5,24	5,67	6,14	6,61	7,12	7,79	8,3	8,96	9,39
5,1	—	4,89	5,3	5,71	6,17	6,68	7,19	7,75	8,36	9,02	9,74	10,2
5,5	—	5,29	5,73	6,17	6,67	7,22	7,77	8,37	9,03	9,75	10,5	11,1
5,9	—	5,69	6,16	6,63	7,17	7,76	8,35	8,99	9,7	10,5	11,3	11,9
6,4	—	6,19	6,7	7,21	7,79	8,43	9,07	9,77	10,6	11,4	12,3	12,9
6,9	—	6,69	7,24	7,79	8,42	9,11	9,79	10,6	11,4	12,3	13,3	14
7,4	—	7,19	7,78	8,37	9,04	9,78	10,5	11,3	12,6	13,3	14,2	15
8	—	7,79	8,43	9,07	9,79	10,6	11,4	12,3	13,2	14,4	15,4	16,3
8,6	—	8,39	9,08	9,77	10,6	11,4	12,3	13,2	14,2	15,5	16,6	17,6

Примечание. Расчетные сечения прямоугольной медной проволоки (жилы) даны с учетом закруглений углов поперечных сечений, где *a* — высота, *b* — ширина сечения проволоки.

Таблица 151. Расчетные сечения, мм<sup>2</sup>, прямоугольной алюминиевой проволоки, применяемой при ремонте трансформаторов

Номинальный размер проволоки по стороне <i>a</i>	Номинальные размеры проволоки по стороне <i>b</i>									
	4,1	4,4	4,7	5,1	5,5	5,9	6,4	6,9	7,4	8,0
1,81	7,21	7,75	8,3	9,02	9,75	10,5	11,4	12,3	13,8	14,4
1,95	7,79	8,37	8,96	9,74	10,5	11,8	12,3	13,3	14,2	15,4
2,1	8,13	8,76	9,39	10,2	11,1	11,9	12,9	14	15	16,3
2,26	8,79	9,46	10,1	11	11,9	12,8	14	15,1	16,2	17,6
2,44	9,52	10,2	11	11,9	12,9	13,9	15,1	16,3	17,6	19
2,63	10,3	11,1	11,9	12,9	14	15	16,3	17,7	19	25
2,83	11,1	12	12,8	13,9	15,1	16,2	17,6	19	20,4	22,1
3,05	12	12,9	13,8	15,1	16,3	17,5	19	20,6	22,1	23,9
3,28	13	13,9	14,9	16,2	17,5	18,9	20,5	22,1	23,6	25,7
3,58	14	15	16,1	17,5	18,9	20,3	22,1	23,1	25,6	27,7
3,8	15,1	16,2	17,4	18,9	20,4	21,9	23,8	25,7	27,6	29,9
4,1	—	17,1	18,4	20	21,7	23,3	25,3	27,4	29,4	31,9
4,4	—	—	—	21,5	23,3	25,1	27,3	29,5	31,7	34,3
4,7	—	—	—	—	25	26,8	29,2	31,5	33,9	36,7
5,1	—	—	—	—	—	29,2	31,7	34,3	36,8	39,9
5,5	—	—	—	—	—	—	34,3	37,1	39,8	43,1
6,0	—	—	—	—	—	—	37,5	40,5	43,5	47,1
6,5	—	—	—	—	—	—	—	—	47,2	51,1
7,0	—	—	—	—	—	—	—	—	50,9	55,1

Примечание. Расчетные сечения даны с учетом закруглений углов поперечных сечений.

Неисправности обмоток и технология операций их ремонта приведены в табл. 152, 153, 154.  
Таблица 152. Неисправности обмоток

Вид повреждения	Признак	Причина	Способ выявления
Витковое замыкание	Срабатывание газовой защиты на отключение — газ горючий бело-серого или синеватого цвета. Повышенный нагрев, иногда с характерным бульканьем масла	Разрушение витковой изоляции вследствие старения, мхшачицеских повреждений в результате деформации обмоток при коротких замыканиях и других аварийных режимах	1. Осмотр активной части. 2. Испытания: измерение сопротивлений обмоток постоянному току; три специальных испытания при пониженном напряжении с поочередным замыканием одной из фаз
Междуфазное короткое замыкание	Срабатывание дифференциальной, а также максимальной токовой защит, если последняя установлена на стороне питания	Понижение уровня масла. Дефекты самой изоляции	Прожиг обмотки в целях обнаружения места межвиткового замыкания при открытой активной части
Междуфазное короткое замыкание	Срабатывание газовой, максимальной токовой защит. Выброс масла через выхлопную трубу	Замыкание на отводах или на вводах. Дефект главной изоляции вследствие старения. Понижение уровня масла. Попадание влаги или грязи. Перенапряжение Деформация обмоток при коротких замыканиях	1. Осмотр активной части. 2. Проверка мегаомметром

Обрыв в обмотках

Срабатывание газовой защиты вследствие появления дуги, возникающей в месте обрыва

Отгорание выводных концов вследствие электродинамических усилий при коротких замыканиях или из-за плохих соединений. Некачественная пайка проводов. Выгорание части витков вследствие виткового замыкания

1. Проверка показаний амперметров, включенных в отдельные фазы. 2. Проверка мегаомметром при соединении обмоток звездой. Замеры сопротивлений обмоток постоянному току между линейными вводами при соединении в треугольник. При полном обрыве внутри треугольника результаты двух замеров равны, причем каждый равен сопротивлению фазы; третий замер фазы, где произошел обрыв, даст двойную величину сопротивления. Внешний осмотр при вынутой активной части

Пробой на корпус

Срабатывание газовой и максимальной токовой защит

Дефект главной изоляции вследствие старения. Увлажнение и понижение уровня масла. Попадание грязи. Перенапряжение. Деформация обмоток при коротких замыканиях

1. Проверка мегаомметром изоляции между обмотками и корпусом. 2. Испытание масла на электрическую прочность и химический анализ. 3. Внешний осмотр активной части

Таблица 153. Технологические операции ремонта обмоток

Наименование ремонтных операций	Способ выполнения	Пояснение
Ремонт изоляции обмоток: а) снятие изоляции	Старую испорченную изоляцию удалять отжигом в печи при температуре 450—500° С. Провод очищают от следов изоляции	—
б) изолирование катушки	Витки изолируют бумажной тафтяной лентой в два слоя с перекрытием	Изолированной катушке придают нужный размер путем обтяжки ее на шаблоне. Пропитывают лаком ГФ-25 и запекают при 100° С в течение 10 ч в печи
Изготовление новых катушек	На обмоточном станке катушку наматывают на шаблон	Предварительно на шаблон наматывают слой электротехнического картона в целях предохранения витков первого слоя от сдвига при снятии катушки
Изготовление многослойной внешней обмотки из круглого провода	Каждый новый слой обмотки обматывают кабельной бумагой так, чтобы она покрывала все витки и пояски, уложенные в торцах шаблона	Применяют поясок, изготовленный из электрокартона, толщиной, равной диаметру провода. Поясок закрепляют лентой из телефонной бумаги и укладывают в торце шаблона
Изготовление цилиндрической внутренней обмотки из провода прямоугольного профиля	При намотке однослойной катушки витки закрепляют киперной лентой в целях предохранения их от ослабления и распускания. При намотке многослойных катушек бандажирование не требуется	Для защиты изоляции крайних витков при переходе из одного слоя в другой в местах перехода подкладывают полоску пресшпана на 4—5 мм больше ширины витка
Изготовление дисковой (секционной) обмотки	Дисковую обмотку выполняют двумя способами: либо наматывают отдельно каждый диск и соединяют диски пайкой, либо наматывают обмотку сразу целиком	В первом случае заменяют провод круглого или квадратного сечения, во втором — прямоугольного

Наименование ремонтных операций	Способ выполнения	Пояснение
Соединение проводов, пайка	Провода сечением до 40 мм <sup>2</sup> соединяют с помощью пайки, большего сечения — сваркой	При пайке проводов применяют припой — фосфористую бронзу или серебряные припои ПСр-45, ПСр-70, флюс — канифоль, порошкообразную буру
Пропитка и сушка обмотки	Обмотки на напряжение до 35 кВ сушат без вакуума в сушильных камерах или в вакуум-сушильных шкафах при температуре 105—110°С. Продолжительность зависит от состояния и данных обмоток	Учитывая, что пропитка лаком и запекание обмотки приводят к снижению их электрической прочности, расходу материалов, используют технологию изготовления обмоток в основном без пропитки лаком

Примечание. При полной замене обмотки замесняют также и деревянные детали по образцу старых.

Таблица 154. Допустимая продолжительность пребывания активной части трансформатора в воздухе

Характеристика трансформатора	Продолжительность соприкосновения активной части с окружающим воздухом, ч, не более			
	при относительной влажности воздуха, %, и при температуре окружающего воздуха выше 0°С			при температуре окружающего воздуха ниже 0°С
	до 65	65—80	более 80	
Трансформаторы напряжением до 35 кВ включительно и мощностью менее 10 000 кВ·А	24	16	12	12

Характеристика трансформатора	Продолжительность соприкосновения активной части с окружающим воздухом, ч, не более			
	при относительной влажности воздуха, %, и при температуре окружающего воздуха выше 0° С			при температуре окружающего воздуха ниже 0° С
	до 65	65—80	более 80	
Трансформаторы напряжением 35 кВ; мощностью 10 000 кВ·А и более и все трансформаторы 110 кВ и более	16	12	8	8

Примечания: 1. Началом осмотра активной части считается: для трансформаторов, транспортируемых без масла, вскрытие крышки; для трансформаторов, транспортируемых с маслом, начало слива масла.

2. Продолжительность работ, связанных с разгерметизацией бака, при осмотре не должна превышать: для трансформаторов напряжением до 35 кВ: 24 ч при относительной влажности: до 75%, 16 ч при относительной влажности до 85%. Если время осмотра превышает указанное, но не более чем в 2 раза, то должна быть проведена контрольная подсушка трансформатора.

3. Температура активной части в течение всего времени нахождения вне масла должна превышать температуру точки росы окружающего воздуха не менее чем на 5° С и во всех случаях должна быть не ниже 10° С. У трансформаторов I—II габаритов время пребывания вне масла активной части при резкии может быть увеличено вдвое.

4. Капитальный ремонт трансформатора считается законченным с момента герметизации бака или масла, ввиду проверки перед заливкой.

Таблица 155. Допустимые изоляционные расстояния для внутренних (ВН) concentрических обмоток масляных трансформаторов

Напряжение обмотки, кВ		Расстояние			
		от стержня		от яра	
рабочее	испытательное	промежуток, мм	вид изоляции	промежуток, мм	вид изоляции
До 1	5	5	Масляный промежуток	Принимается равным промежутку от обмотки ВН до яра	Спорная из электрокартона
3—6	18 и 25	12	Масляно-барьерная с бумажно-бакелитовым цилиндром толщиной 3—6 мм		
10	35	18			
15	45	20			
20	55	25			
35	85	30			

Примечание. Нормальная междуслойная изоляция в многослойных цилиндрических обмотках выполняется слоями кабельной бумаги толщиной 0,12 мм.

При ремонте обмоток должны быть строго выдержаны электроизоляционные расстояния и виды изоляции в промежутках между различными элементами обмоток и заземленными металлическими частями конструкции трансформаторов класса напряжения до 35 кВ включительно, приведенные в табл. 155—162.

**Таблица 156. Допустимые изоляционные расстояния для наружных (ВН) концентрических обмоток масляных трансформаторов**

Напряжение обмотки, кВ		Расстояние			
		между обмотками		от ярма	
рабочее	испытательное	промежуток, мм	вид изоляции	промежуток, мм	вид изоляции
6	25	8,5	Масляно-барьерная с бумажно-бакелитовым цилиндром толщиной 3—6 мм	20	Опорная из электрокартона
10	35	12		30	
20	55	—		—	
35	85	27		75	

**Таблица 157. Допустимые изоляционные расстояния для наружных (ВН) концентрических обмоток между фазами и от стенки бака масляных трансформаторов**

Напряжение обмотки, кВ		Расстояние			
		между фазами		от гладкой стенки бака	
рабочее	испытательное	промежуток, мм	вид изоляции	промежуток, мм	вид изоляции
6	25	10	Масляно-барьерная с перегородкой из электрокартона толщиной 2—6 мм	25	Масляный промежуток
10	35	14		30	
20	55	—		—	
35	85	30		75	

**Таблица 158. Нормальная изоляция между слоями в цилиндрических обмотках масляного трансформатора**

Суммарное рабочее напряжение двух слоев обмотки, кВ	Число слоев кабельной бумаги	Выступ изоляции на торцах обмотки на одну сторону, мм
До 1	2	10
1—2	3	16
2—3	4	16
3—3,5	5	16
3,5—4	6	22
4—4,5	7	22
4,5—5	8	22
5—5,5	9	22

Продольная изоляция обмоток трансформатора напряжением до 35 кВ включительно обеспечивается за счет бумажной изоляции провода толщиной не менее 0,45 мм на обе стороны и масляных каналов между катушками непрерывных или между витками винтовых обмоток размерами не менее 4 мм.

Т а б л и ц а 159. Выступы цилиндров за пределы обмоток

Класс изоляции, кВ	Высота выступа цилиндра, мм	Класс изоляции, кВ	Высота выступа цилиндра, мм
6	10	20	30
10	16	35	35
15	22	—	—

Т а б л и ц а 160. Расстояния разрывов в регулировочных зонах обмоток

Класс изоляции, кВ	Расстояние разрывов, мм	Примечание
6	8—12	Большие значения для больших мощностей и наоборот В месте разрыва — масляный канал
10	10—18	
35	12—25	

Т а б л и ц а 161. Расстояния от наружных отводов до наружных обмоток трансформатора

Испытательное напряжение, кВ		Толщина изоляции отвода на сторону, мм	Расстояние от отвода до катушек обмотки, мм
наружной обмотки	отвода		
85	До 35	—	90
85	» 35	2	50
230	» 85	3	250
230	» 85	3	250
230	» 85	6	160
230	230	6	160

**Таблица 162. Расстояния от наружных отводов до различных заземленных частей трансформатора**

Испытательное напряжение, кВ	Толщина изоляции отвода на сторону, мм	Расстояние от отвода с допуском, мм	
		до гладкой стенки бака	до незакрытой ярмовой балки
25	—	20—25	17—20
25	2	20	15
35	—	35—40	25—30
35	2	20	17
85	4	40	42

В целях усиления механической прочности отводы большого сечения крепят буковыми планками. Допустимые расстояния между отводами в масле по деревянным планкам общего крепления отводов приведены в табл. 163.

**Таблица 163. Расстояния между отводами по дереву**

Испытательное напряжение, кВ	Толщина изоляции отвода на сторону, мм	Расстояние, мм
18; 25	2	25
35	2	25
85	4	70

Минимально допустимые расстояния в трансформаторном масле от отводов до стальных болтов в деревянных планках приведены в табл. 164.

**Таблица 164. Расстояние по дереву от отводов в трансформаторном масле до стальных болтов**

Испытательное напряжение, кВ	Толщина изоляции отвода на сторону, мм	Расстояние по дереву до болта, мм	
		заземленного	незаземленного
До 25	2	30	25
35	2	40	25
85	4	100	70

## 25. Неисправности и ремонт переключающих устройств и других деталей трансформаторов

При ремонте переключающих устройств производят осмотр, проверяют сохранность и работу контактов, осуществляют их чистку, промывку. Разрушенные контакты заменяют (табл. 165, 166).

Т а б л и ц а 165. Ремонт переключающих устройств

Неисправность	Причина	Способ выполнения
Оплавление или выгорание контактных поверхностей	Дефекты конструкции или сборки (недостаточные нажатие контактов и упругость нажимных пружин)	Внешний осмотр при вынутой активной части. Проверка мегаомметром при наличии обрыва. Измерение сопротивления постоянному току на всех ответвлениях. При необходимости осуществляют замену контактов на новые
Перекрытие между фазами или отдельными ответвлениями (дефект аналогичен междуфазному короткому замыканию обмоток)	Дефекты в изолирующих частях (трещины, изломы, царапины). Перенапряжение. Попадание влаги внутрь трансформатора	При вынутой активной части внешний осмотр. Проверка мегаомметром. Замена изолирующих деталей
Увеличение переходного сопротивления в контактах	Образование стойкой твердой пленки продуктов разложения масла	Измерения сопротивления. Пленку удаляют с помощью ацетона или трихлорэтилена

После осмотра и устранения неисправностей переключатель устанавливают на место. Предварительно место установки протирают ветошью, смоченной в бензине, а затем вытирают насухо. Старые уплотнения заменяют новыми.

Т а б л и ц а 166. Расстояние между переключающими устройствами ответвлений и стенкой бака

Класс изоляции, кВ	Расстояние, мм	Класс изоляции, кВ	Расстояние, мм
6	25	20	50
10	30	35	90
15	40	110	160

В табл. 167, 168 приведены виды повреждений и основные операции ремонта бака и радиатора трансформатора.

**Таблица 167. Основные виды неисправностей бака радиатора и расширителя**

Неисправность	Признак	Причина
Дефект уплотнения	Течь масла в местах повреждения уплотнения	Ослабления затяжки болтов. Повреждение уплотняющих прокладок
Нарушение герметичности бака, радиатора, расширителя	Течь масла через швы, трещины, пробоины и т. д.	Механическое повреждение металлоконструкции бака, радиатора или расширителя

**Таблица 168. Ремонт бака и радиатора**

Ремонтная операция	Способ выполнения
Очистка поверхности бака от грязи и ржавчины, осмотр	Внутреннюю поверхность очищают металлической щеткой. Промывают бак трансформаторным маслом. Затем тщательно протирают внутреннюю и наружную поверхности, не оставляя следов старых уплотнений
Устранение вмятин и погнутости бака	Дефектную часть бака предварительно нагревают и со стороны, противоположной удару, подставляют металлический упор. Выправляют стенки бака с помощью молотка
Проверка мест сварки и удаление трещин в сварном шве	Накернить и засверлить концы трещины. Заварить электросваркой или наложить пластину из листовой стали с последующей приваркой. Тонкие волосяные трещины зачеканить или запаять. При невозможности заварить трещину на ребре и в трубе бака можно поставить заглушки
Проверка на герметичность	Предварительно проверить и отремонтировать пробку сливного отверстия, кран вентильного типа, заменив у них прокладки. После удаления негодных прокладок и замены их на новые залить бак трансформаторным маслом и держать в течение 2 ч

В табл. 169, 170 приведены сведения о ремонте расширителя и некоторые технические данные.

Т а б л и ц а 169. Ремонт расширителя и предохранительной трубы

Ремонтная операция	Способ выполнения
Очистка от загрязнений наружной поверхности	Поверхность очистить металлической щеткой и насухо протереть чистой ветошью
Очистка от загрязнения и коррозии внутренней поверхности расширителя	У расширителя вырезают заднюю стенку так, чтобы по окружности оставался выступ-кольцо, к которому после очистки приваривают новую стенку, изготовленную из листовой стали. Очищают внутреннюю поверхность от шлака и ржавчины, окрашивают маслястойкой эмалью или нитроэмалью (624С или 1201). При наличии глубокой коррозии расширитель подлежит замене. Расширители трансформаторов новых серий для очистки имеют специальные люки
Ревизия маслоуказателя, отстойника, пробок	Резиновые прокладки и сальниковые уплотнения маслоуказателя заменяют новыми, детали чистят и промывают керосином. Отстойник промывают чистым маслом и заменяют асбестовое уплотнение на спусковой пробке
Обрыв скобы маслоуказателя или патрубка	Очистить поверхность, подлежащую приварке, и приварить к корпусу расширителя скобу, штуцер маслоуказателя, патрубков. Сварку производят ацетилено-кислородным пламенем. Патрубок должен выступать над нижней линией поверхности расширителя на 25—30 мм
Восстановление контрольных меток маслоуказателя	Нанести новые метки на расширителе у маслоуказательного стекла. Метки уровня масла при температуре +45, —15, —45°С наносят цинковыми белилами на высоте 0,55; 0,45; 0,1 диаметра расширителя
Проверка прочности и герметичности крепления стеклянной диафрагмы предохранительной трубы	Поврежденную диафрагму и резиновые прокладки заменяют новыми
Очистка внутренней полости предохранительной трубы	Промывают чистым трансформаторным маслом и очищают от грязи. При необходимости заменяют прокладку между фланцем трубы и крышкой бака новой

Таблица 170. Расстояние от нижней части расширителя до контрольных меток (рис. 14)

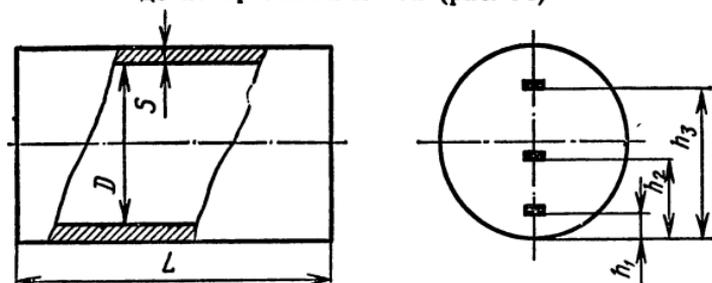


Рис. 14. Расстояние от нижней части расширителя до контрольных меток

Исполнение	Внутренний диаметр расширителя $D$ , мм	Расстояние от нижней части расширителя до контрольных меток, мм		
		$h_1$	$h_2$	$h_3$
Умеренный климат (У) от $-45$ до $+40^\circ\text{C}$ с контрольными метками $-45; +15; +45^\circ\text{C}$	200	50	100	115
	250	50	120	150
	310	50	140	190
	470	80	230	295
	690	100	335	420
	940	100	430	590
Холодный климат (ХЛ) от $-60$ до $-40^\circ\text{C}$ с контрольными метками $-60; +15; -40^\circ\text{C}$	250	50	130	155
	310	50	160	195
	470	80	245	295
	690	100	360	435
	940	100	495	610

Вводы служат для присоединения трансформаторов к элементам электрической цепи. Ввод — фарфоровый проходной изолятор, через внутреннюю полость которого проходит токопроводящий металлический стержень.

В силовых трансформаторах для напряжений 3—6 кВ применяют вводы класса напряжения 10 кВ.

Вводы классов напряжений 0,5—35 кВ разделяют на две группы: первая — составные вводы на напряжение 0,5 и 1 кВ для трансформаторов I—III габаритов на стороне НН; вторая — вводы на напряжение 6, 10, 20 и 35 кВ. В трансформаторах старых конструкций вводы этих двух групп имеют разное исполнение: составные вводы выполнены разъемными, а вводы на напряжение 6—35 кВ — армированными.

Ремонт армированных вводов наиболее сложен, так как он связан с заменой и переармировкой фарфора всего ввода, изолятор скреплен цементом с колпаком и с фланцем, а токопроводящая шпилька припаяна к колпаку.

Для армировки применяют специальную армировочную замазку. Замена ввода в трансформаторах I—III габаритов с расширителем требует подъема активной части. Ремонт и замену ввода в трансформаторах IV габарита и выше производят при частичном сливе масла из бака трансформатора. В табл. 171 приведены технические данные вводов, в табл. 172 — маркировка, в табл. 173 — номинальные напряжения и токи съёмных вводов, в табл. 174—178 виды повреждений, способы ремонта и другие сведения.

Т а б л и ц а 171. Технические данные составных и съемных вводов для трансформаторов (ОСТ 16.5.516.001—71)

Тип	Высота, мм			Диаметр, мм					Масса ввода, кг
	полная	наружной части	нижнего конца стержня	по ребрам изолятора	погруженной части изолятора	резьбы токопроводящего стержня	отверстия в крышке	по шпилькам	
ПНТ-0,5/100-1	120	—	—	40	—	М8	22	—	0,24
ПНТ-1/250-1	200	—	—	50	—	М12	28	—	0,76
ПНТ-1/400-1	230	—	—	70	—	М16	45	—	1,54
ПНТ-1/630-1	235	—	—	70	—	М20	45	—	1,87
ПНТ-1/1000-1	395	290	—	90	—	М27×1,5	56	—	4,96
ПНТ-1/1600-1	500	363	—	105	—	М33×2	70	—	9,86
ПНТ-1/2000-1	535	383	—	105	—	М42×3	70	—	14,05
ПНТ-1/3200-1	570	405	—	125	—	М48×3	90	—	18,7
ПНТ-10/250-2	222	195	—	130	65	М12	70	125	2,42
ПНТ-10/250-2	277	250	—	130	65	М12	70	125	3,25
ПНТ-10/250-1	340	195	26	130	65	М12	70	125	2,75
ПНТ-10/250-1	390	250	26	130	65	М12	70	125	3,64
ПНТ-10/400-1	380	218	30	140	84	М16	90	145	4,57
ПНТ-10/630-1	380	221	34	140	84	М20	90	145	5,1
ПНТ-10/630-1	440	276	34	140	84	М20	90	145	6,24
ПНТ-10/1000-1	608	445	40	155	104	М20	90	180	10,5
ПНТ-20/250-2	302	262	—	160	84	М27×1,5	110	145	6,31
ПНТ-20/250-2	377	337	—	184	89	М12	90	145	8,91
ПНТ-20-250-1	510	262	26	160	84	М12	90	145	6,84
ПНТ-20-400-1	570	318	30	160	84	М16	90	145	7,83
ПНТ-20/400-1	590	338	30	184	84	М16	90	145	10,1
ПНТ-35/250-1	700	417	26	205	104	М16	110	180	17,8

В настоящее время составные вводы для трансформаторов не изготавливают. На вновь выпускаемых трансформаторах мощностью 25 кВ·А и более для классов напряжения до 35 кВ включительно устанавливают вводы съёмной конструкции. Эти вводы изготавливают из фарфоровых изоляторов согласно ГОСТ 16702—71. Введена единая маркировка вводов, приведенная в табл. 172.

Таблица 172. Маркировка съёмных вводов 0,5—35 кВ (ОСТ 16.5.5167001—71)

Тип ввода	Условное буквенное обозначение	Числитель дроби	Знаменатель дроби		
			первая группа цифр	цифра один	цифра два
Проходной изолятор	П	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Разъёмное соединение токопроводящего стержня ввода	Неразъёмное соединение ввода
Наружная установка	Н				
Для трансформатора	Т				
Усиленный фарфор для загрязненной среды	У				
Нормальный ввод	Буква У отсутствует				

Примечание. Например: ввод типа ПНТУ-10/250-2 расшифровывается так — съёмный ввод с проходным изолятором (П), наружной установки (Н), для трансформатора (Т), с усиленным фарфором (У), на номинальное напряжение 10 кВ и на ток 250 А, с разъёмным соединением (2).

При повреждении двух или более вводов одного напряжения при ремонте трансформатора, а также при модернизации армированные вводы заменяют на съёмные.

При съёмных вводах ремонт упрощен: для замены поврежденного изолятора не требуется подъема активной части трансформатора и отсоединения отводов внутри бака.

Таблица 173. Номинальные напряжения и токи съёмных вводов с указанием диаметра резьбы токопроводящего стержня

Напряжение, кВ	Ток, А									
	100	250	400	630	1000	1600	2000	3200	5000	
	Диаметр резьбы, мм									
	М8	М12	М16	М20	М27×1,5	М33×2	М42×3	М48×3	М72×2	
0,5	+	—	—	—	—	—	—	—	—	
1	—	+	+	+	+	+	+	+	—	
3	—	—	—	—	—	—	—	—	+	
10	+	+	+	+	+	+	+	+	—	
20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
35	—	—	+	+	+	+	+	+	+	

Серия съемных вводов разработана для напряжений: 0,5; 1; 3; 10; 20 и 35 кВ. В табл. 173 приведены вводы, отмеченные знаком +, разработанные для соответствующих номинальных напряжений и токов, с указанием резьбы токопроводящего стержня.

Т а б л и ц а 174. Ремонт вводов трансформаторов

Ремонтная операция	Способ выполнения
Осмотр	Проверяют состояние фарфора, колпачка и шпилек, отсутствие течи масла из-под армировки, колпачка изолятора и в месте пайки шпилек
Устранение течи масла через армировочную замазку	Заменяют ввод или переармировывают
Разармирование	Для удаления старой замазки и снятия фланца ввод нагревают в термошкафу до температуры 400—500° С. Через 1—2 ч армировочная замазка высыпается и фланец свободно отделяют от изолятора
Армирование	Сборку ввода производят в такой последовательности: колпачок ввода вместе со стержнем устанавливают в вертикальное положение, затем в колпачок укладывают кольцевую прокладку, устанавливают на стержень фарфоровый изолятор и на него резиновую прокладку и фланец, затем на конец стержня надевают гетинаксовую и стальную шайбы, навертывают и затягивают гайку. Заполняют армировочной замазкой зазоры между колпачком, фланцем и изолятором. После затвердения замазки очищают ввод от подтеков и смазывают поверхность замазки эмалью 624С или 1201. Применяют для заливки и другие замазки
Исправление поверхности фарфора изолятора, имеющего на ребрах сколы	Неисправность устраняют с помощью склейки изоляторов или заменой на новые. Если площадь сколов не превышает 0,5—0,75% всей площади изолятора, изолятор можно восстановить. Место сколов покрывают клеем БФ-4, натуральной олифой, глифталевым или бакелитовым лаком. Слой лака наносят на очищенную и обезжиренную поверхность скола, затем высушивают и запекают при температуре 60° С в течение 4 ч

Ремонтная операция	Способ выполнения
Устранение кольцевых и продольных трещин	При наличии в фарфоре сквозных трещин изолятор заменяют новым. Для выявления трещин после съема ввода фарфоровый изолятор опускают в масло на несколько часов, затем тщательно протирают ветошью и опыляют зубным порошком, после нагревают до 40—50° С
Проверка герметичности ввода	Проверяют с помощью гидропресса при температуре трансформаторного масла 60—70° С и давлении $(1,5-2) \cdot 10^5$ Па в течение 20—30 мин

Таблица 175. Рецептúra армировочной замазки

Наименование параметра	Состав		
	глето-глицериновая	магнезиальная	глиноземисто-цементная
Наполнитель	Глет свинцовый (желтый или красно-желтый)	Магнезит каустический и фарфоровая мука в соотношении 37:17	Цемент глиноземистый «400» или «500» и фарфоровая крошка (кварцевый песок) в соотношении 2 : 1
Разбавитель	Глицерин	Хлористый магний	Вода
Плотность разбавителя, кг/м <sup>3</sup>	1230	1200—1210	1000
Соотношение наполнителя и разбавителя по массе	100:27	54:46	100 : (32—36)* 100 : (23—38)**
Время схватывания	15—30 мин	6—7 ч	Около 48 ч
Время полного затвердения	Около 24 ч	Около 48 ч	10—12 сут

\* Применяется для армирования фланцев изоляторов.

\*\* Применяется для армирования колпаков изоляторов.

**Таблица 176. Допустимые расстояния по воздуху между вводами и частями трансформатора**

Класс напряжения, кВ	Допустимые расстояния в воздухе, мм			
	между вводами (в свету)		от ввода до расширителя или до предохранительной трубы	от ввода до крана, задвижки, термометра и т. п.
	разных обмоток или от линейного до нулевого	линейными, одной обмотки		
3—6	90	85	110	90
10	135	120	140	135
20	200	190	215	200
35	330	305	340	320

**Таблица 177. Расстояние между токопроводящими частями вводов в масле до заземленных металлических частей трансформатора**

Класс изоляции, кВ	Масляный промежуток, мм	Класс изоляции, кВ	Масляный промежуток, мм
3 и 6	25	20	50
10	30	35	90
15	40	—	—

**Таблица 178. Испытательные напряжения съемных вводов (ГОСТ 1516—76 и ГОСТ 20690—75)**

Класс напряжения, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Испытательное напряжение, кВ, при частоте $f=50$ Гц			Импульсное испытательное напряжение, кВ
		одно-минутное	при плавном подъеме		
			в сухом состоянии	под дождем	
3	3,6	25	27	20	44
6	7,2	32	26	26	60
10	12	42	47	34	80
15	17,5	57	63	45	105
20	24	68	75	55	125
35	40,5	100	85	195	125

Конструкция изоляции ввода и его габариты в основном определяются классом напряжения обмотки трансформатора, с которой соединен ввод.

Вводы 0,5—35 кВ у большинства трансформаторов монтируются на крышке бака с соблюдением изоляционных расстояний, последовательности расположения, удобства присоединения к электрической цепи.

Вводы масляных трансформаторов должны располагаться так, чтобы, если смотреть со стороны вводов высшего напряжения, была такая последовательность (слева направо):

в трехфазных трансформаторах:  $BH\ O-A-B-C$   
 $CH\ O-A-B-C$   
 $HH\ O-a-b-c$

в однофазных трансформаторах:  $BH-A-X'$   
 $CH-A-X$   
 $HH-a-x$

## 26. Сушка трансформаторов и трансформаторного масла

В целях обеспечения более высокой электрической прочности изоляции активную часть трансформатора при ремонте подвергают сушке.

Существуют различные методы сушки изоляции трансформатора: вакуумная, безвакуумная, в камерах инфракрасным облучением, активной части в собственном баке индукционным способом, активной части постоянным током или токами короткого замыкания, активной части токами нулевой последовательности, изоляции горячим маслом циркуляцией и фильтрацией, горячим воздухом от тепловоздуховки.

Часто используют сушку методом индукционных потерь в стали бака. На бак трансформатора накладывают временную намагничивающую обмотку, выполненную проводом ПР, ПРГ, ПРТО или ПДА (с асбестовой изоляцией). Количество витков обмотки зависит от размеров трансформатора. Приближенный расчет намагничивающей обмотки при сушке методом индукционных потерь в стали бака и другие технические данные приведены в табл. 179—184.

Таблица 179. Приближенный расчет намагничивающей обмотки

Расчет	Формула	Обозначение
Число витков намагничивающей обмотки на баке трансформатора	$w = \frac{AU}{P_0}$	$U$ — напряжение, В; $P_0$ — периметр бака, м; $A$ — коэффициент пропорциональности, зависящий от удельной намагничивающей мощности $\Delta p$ , кВт/м <sup>2</sup>
Мощность, необходимая для нагрева бака трансформатора, кВт	$P = \Delta p P_0 \cdot h$	$\Delta p$ — удельная намагничивающая мощность, кВт/м <sup>2</sup> ; $P$ — мощность в киловаттах, потребная для нагрева 1 м <sup>2</sup> поверхности стенки бака, занятой обмоткой, кВт/м <sup>2</sup> ; $h$ — высота бака, занятая обмоткой, м (при расстоянии витков от стенки бака менее 100 мм)

Расчет	Формула	Обозначение
Ток намагничивающей обмотки	$I = \frac{P \cdot 10^2}{u \cos \varphi}$	$\cos \varphi = 0,6$
Сечение провода намагничивающей обмотки	Выбирают, исходя из плотности тока 3,5—5 А/мм <sup>2</sup>	

Примечание. Окончательное число витков  $w$  устанавливают после пробного включения под напряжением.

Примерные удельные мощности  $\Delta p$  в зависимости от периметра бака  $P_b$ , необходимые при сушке индукционным способом, даны в табл. 180.

Таблица 180. Удельные мощности при сушке трансформаторов

Периметр бака $P_b$ , м	Удельная мощность $\Delta p$ , кВт/м <sup>2</sup>
До 10	От 1 до 1,9
11—15	2,0—2,8
16—20	2,9—3,6

Таблица 181. Выбор мощности электронагревателей для нагревания днища бака

Периметр бака $P_b$ , м	Удельная мощность для нагревания днища бака $\Delta p$ , кВт/м <sup>2</sup>
До 10	До 0,8
11—15	0,9—1,4
16—20	1,5—1,8

Коэффициент пропорциональности выбирают в зависимости от принятой удельной мощности (табл. 182).

Таблица 182. Выбор коэффициента пропорциональности

Удельная мощность $\Delta p$ , кВт/м <sup>2</sup>	Коэффициент пропорциональности $A$	Удельная мощность $\Delta p$ , кВт/м <sup>2</sup>	Коэффициент пропорциональности $A$
1	1,85	2	1,45
1,25	1,7	2,5	1,42
1,5	1,6	3	1,32
1,75	1,5		

**Таблица 183. Режим сушки изоляции трансформатора методом индукционных потерь в стали бака**

Последовательность операций	Температура, °С		Продолжительность операции, ч
	стенка бака	воздуха в баке	
Равномерное повышение температуры стенок бака по 10—20°С в 1 ч	До 80	60	4—6
Включение подогрева поступающего воздуха и вентиляции	80	60	—
Равномерное повышение температуры в баке по 10°С в 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 определения окончания 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	—	—

Примечания: 1. Снижение и повышение температуры повторяют несколько раз в течение 10—30 ч.

2. Температура сердечника в момент ревизии должна быть на 10—20°С выше температуры окружающего воздуха.

**Таблица 184. Данные намагничивающих обмоток для сушки трансформаторов методом индукционных потерь в стали**

Мощность трансформатора, кВ·А	Тип бака	Сечение намагничивающей обмотки, мм <sup>2</sup>	Число витков	Напряжение сети, В	Ток, А
До 63	Трубчатый	8	48	54	32
100	Ребристый	10	30	60	67
250	Трубчатый	10	41	95	52
630	Ребристый	25	52	220	68
1600	»	25	28	220	100
4000	Трубчатый	25	42	320	90

Примечания: 1. Количество витков намагничивающей обмотки указано для случая сушки трансформатора в утепленном баке. При неутепленном баке число витков намагничивающей обмотки должно быть увеличено на 30%.

2. Приведенные значения силы тока в намагничивающей обмотке являются приближенными, так как величина их зависит также от шага, витков обмотки, расстояния между обмоткой и поверхностью бака и т. д.

## 27. Нормы испытания трансформаторов и трансформаторного масла после ремонта (ГОСТ 11677—75)

Каждый трансформатор после ремонта подвергают приемо-сдаточным испытаниям. Его цель — проверка качества проведенного ремонта, а также уточнение параметров трансформатора.

Программа приемо-сдаточных испытаний содержит следующие пункты.

1. Наружный осмотр и проверку на соответствие чертежам (ГОСТ 11677—75).
2. Проверку коэффициента трансформации и группы соединений обмоток — по ГОСТ 3484—77.
3. Испытание пробы масла из бака масляного трансформатора — ГОСТ 16581—75:
  - а) определение пробивного напряжения, б) определение тангенса угла диэлектрических потерь.
4. Испытание электрической прочности изоляции одноминутным испытательным напряжением промышленной частоты (ГОСТ 1516—76).
5. Проверку потерь и тока холостого хода (ГОСТ 3484—77).
6. Проверку потерь и напряжения короткого замыкания (ГОСТ 3484—77).
7. Испытание бака масляного трансформатора на плотность (ГОСТ 3484—77).
8. Испытание на трансформаторе устройств переключения отключения обмоток (ГОСТ 175000—72).

Одновременно с приемо-сдаточными испытаниями трансформатора проводят:

1. Определение сопротивления обмоток постоянному току — ГОСТ 3484—77.
2. Определение параметров изоляции: сопротивления изоляции (ГОСТ 3484—77); тангенса угла диэлектрических потерь и емкости для трансформаторов класса напряжения 35 кВ и мощностью 10 МВ·А и более.
3. Определение потерь холостого хода при малом напряжении для трансформаторов мощностью 10 МВ·А и более (ГОСТ 3484—77).
4. Испытание электрической прочности воздушных промежутков (ГОСТ 1516—76).

В табл. 185 приведены объем и нормы испытаний, которым подвергаются трансформаторы в зависимости от характера произведенного ремонта, предусмотренные техническими условиями на ремонт трансформаторов, а в табл. 186—192 — другие нормативные данные.

Т а б л и ц а 185. Объем и нормы испытаний трансформаторов

Испытание	Норма	Примечание
Измерение сопротивления изоляции:	Сопротивление изоляции не нормируется, но учитывается	Производится до и после ремонта

Испытание	Норма	Примечание
а) обмоток с определением отношения $R_{60}/R_{15}$	Отношение $R_{60}/R_{15}$ при напряжении 35 кВ и ниже не менее 1,3. Значение сопротивления изоляции не должно снижаться во время ремонта более чем на 40% против значений, замеренных ранее при той же температуре	Сопротивление измеряют с помощью мегаомметра 2500 В
б) стяжных шпилек, бандажей, ярмовых балок у магнитопровода	Недопустимо снижение сопротивления изоляции более чем на 50% по сравнению с исходными значениями (заводскими). Не нормируется	Измеряется мегаоммстром 2500 В (только при капитальном ремонте)
Определение отношения электрических емкостей обмоток при частотах 2 и 50 Гц — $C_2/C_{50}$	Не должно возрастать более чем на 10% замеренного ранее или должно находиться в пределах значений, приведенных в таблицах	Обязательно определяют до и после ремонта
Определение отношения $\Delta C/C$	Не нормируется, но не должно возрасти более чем на 50% ранее замеренного	Осуществляется до начала и после окончания ремонта
Испытание повышенным напряжением промышленной частотой 50 Гц:		Испытание проводится в случае осмотра активной части
а) изоляции обмоток вместе с вводами	Длительность испытания 1 мин. Испытание обязательно для трансформаторов классов напряжения 35 кВ и ниже	
б) изоляции доступных стяжных шпилек, прессующих колец и ярмовых балок	Испытательное напряжение 1000—2000 В	
Измерение сопротивления обмоток по стоянному току	Не должно отличаться более чем на $\pm 2\%$ от сопротивления, полученного на том же ответвлении для других фаз, или данных предыдущих измерений	Производится на всех ответвлениях, если специально для этого не требуется выемки активной части

Испытание	Норма	Примечание
Измерение коэффициента трансформации	Не должно отличаться более чем на 2% от коэффициента трансформации, полученного на том же отвлении на других фазах, или от заводских данных	Испытание производится на всех трансформаторах и на всех ответвлениях у трансформаторов, имеющих устройство для переключения отвления под нагрузкой
Проверка группы соединений трехфазных трансформаторов	Группа соединений должна соответствовать паспортным данным и обозначениям на щитке	Производится при ремонтах с частичной или полной сменой обмоток
Измерение тока и потерь холостого хода	Не нормируется	—
Проверка работы переключающего устройства и снятие круговой диаграммы	Круговая диаграмма не должна отличаться от ранее снятой	Проверка срабатывания переключающего устройства и определения давления контактов производится согласно заводским инструкциям
Испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением в течение 1 ч при $t$ масла не ниже $+10^{\circ}\text{C}$	Не должно наблюдаться признаков течи масла. После испытания производится проверка сообщаемости расширителя с баком путем частичного слива масла	Производится гидравлическим давлением столба масла, высота которого над уровнем заполненного расширителя принимается: для трубчатых и гладких баков — 0,6 м, для баков волнистых или с трубчатыми радиаторами или с охладителями — 0,3 м

Испытание	Норма	Примечание
Осмотр и проверка устройства охлаждения	Производится согласно заводским инструкциям	—
Проверка целости заземления ярмовых балок, прессующих колец и магнитопровода	Ярмовые балки, прессующие кольца и магнитопровод должны иметь заземления	Производится в случае осмотра активной части
Фазировка трансформатора	Должно иметь место совпадение по фазам	Производится при капитальном ремонте и без смены обмоток
Испытание трансформаторного масла	Предельно допустимые значения показателей качества трансформаторного масла приведены в табл. 189 и 190	—
Испытание включением толчком на номинальное напряжение	При трех — пятикратном включении трансформатора на номинальное напряжение не должны иметь место явления, указывающие на неудовлетворительное состояние трансформатора	—
Испытание вводов: а) измерение сопротивления изоляции	Не менее 1000 МОм	Производится мегаомметром на 1000—2500 В у вводов с бумажно-масляной изоляцией
б) измерение тангенса угла диэлектрических потерь ( $\text{tg } \delta$ ) изоляции обмоток	Не должен превышать значений, указанных в табл. 186	При измерении вводов рекомендуется измерить их емкость
в) испытание повышенным напряжением промышленной частоты (совместно с обмотками трансформатора) в течение 1 мин	Значения испытательных напряжений приведены в табл. 188	—

Таблица 186. Значение тангенса угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg} \delta$  изоляции обмоток

Трансформаторы с напряжением обмотки ВН	Значение $\operatorname{tg} \delta$ , %, при температуре, °С						
	10	20	30	40	50	60	70
35 кВ и ниже	2,5	3,5	5,5	8	11	15	20
Выше 35 кВ	2	2,5	4	6	8	12	16

Таблица 187. Значение отношения  $C_2/C_{50}$  изоляции обмоток

Трансформаторы с напряжением обмотки ВН	Значение $C_2/C_{50}$ , %, при температуре, °С						
	10	20	30	40	50	60	70
35 кВ и ниже	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Выше 35 кВ	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7

Таблица 188. Значение заводского испытательного напряжения промышленной частоты, кВ, для обмоток трансформаторов (ГОСТ 1516—73)

Трансформаторы	Номинальное напряжение испытуемой обмотки, кВ						
	менее 3	2	6	10	15	20	35
Силовые с нормальной изоляцией и вводами, рассчитанные на номинальное напряжение	5	18	25	35	45	55	85
Силовые с облегченной изоляцией, в том числе и сухие	3	10	16	24	37	—	—

При проведении капитального ремонта обмоток или изоляции трансформаторов в процессе эксплуатации испытание повышенным напряжением промышленной частоты производится у обмоток 35 кВ и ниже.

С полной сменой обмоток и изоляции трансформаторы испытываются повышенным напряжением промышленной частоты, равным заводскому испытательному напряжению.

С частичной сменой обмоток испытательное напряжение выбирается в зависимости от того, сопровождалась ли замена части обмоток их снятием с сердечника или нет. Наибольшее испытательное напряжение при частичном ремонте принимается равным 90% напряжения, принятого заводом.

При капитальном ремонте без смены обмоток и изоляции или со сменой изоляции, но без смены обмоток испытательное напряжение принимается равным 85% заводского испытательного напряжения (табл. 188).

В табл. 189 приведены объем и нормы испытаний трансформаторного масла, в табл. 190 — предельные значения тангенса угла диэлектрических потерь, в табл. 191 — испытательные напряжения для главной изоляции обмоток масляных трансформаторов общего назначения.

Т а б л и ц а 189. Объем и нормы испытаний трансформаторного масла

Испытание	Норма	Примечание
Проверка механических примесей и взвешенного угля	Отсутствие примесей	Обязательно при вводе в эксплуатацию То же
Определение электрической прочности в стандартном маслосебянике, кВ:		
а) свежее масло для трансформаторов с номинальным напряжением:		
до 15	25	
15—35	30	
б) эксплуатационное масло для трансформаторов с номинальным напряжением:		
до 15	20	
15—35	25	
Определение кислотного числа, мг, КОН на 1 г масла:		»
а) при вводе в эксплуатацию	Не более 0,02	
б) эксплуатационные	Не более 0,25	
Проверка отсутствия растворимых кислот и щелочей	Отсутствие	»
Определение температуры вспышки масла	Снижение температуры вспышки не более 5° С	»
Определение вязкости масла:	Для чистого сухого свежего масла кинематическая вязкость не более:	»
при 20° С	28 · 10 <sup>-6</sup> м <sup>2</sup> /с (28 сСт)	
при 50° С	9 · 10 <sup>-6</sup> м <sup>2</sup> /с (9 сСт)	

Испытание	Норма	Примечание
Определение содержания золы	В чистом сухом масле не более 0,005%	Обязательно при вводе в эксплуатацию
Измерение тангенса угла диэлектрических потерь:		То же
а) для трансформаторов, вводимых в эксплуатацию при 20° С при 70° С	Не более 0,2% Не более 2%	
б) для трансформаторов, находящихся в эксплуатации при 20° С при 70° С	Не более 1% Не более 7%	

Примечание. В силовых трансформаторах мощностью до 63 кВ·А, напряжением до 10 кВ масло не испытывается, а заменяется по браковочным показателям и результатам профилактических испытаний изоляции. Во всех случаях масло берется на анализ во время капитальных и текущих ремонтов.

**Таблица 190. Предельные значения тангенса угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg} \delta$ , %, вводов и проходных изоляторов (при температуре 20° С)**

Наименование вводов и проходных изоляторов, вид основной изоляции	Номинальное напряжение, кВ			
	3—15		20—35	
	вышедшие из капитального ремонта	в эксплуатации	вышедшие из капитального ремонта	в эксплуатации
Маслонаполненные вводы и проходные изоляторы с масляно-барьерной изоляцией	—	—	3	8
Мастиконаполненные вводы с бакелитовой изоляцией	3	12	2,5	9
Вводы и проходные изоляторы с бакелитовой изоляцией	3	12	2,5	8

**Таблица 191. Испытательные напряжения (при  $f=50$  Гц) для главной изоляции обмоток масляных трансформаторов общего назначения вместе с вводами (ГОСТ 1516—73)**

Класс напряжения обмотки, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Испытательное одномоментное напряжение, кВ	
		по отношению к корпусу и другим обмоткам	между фазами
3	3,6	18	—
6	7,2	25	—
10	12	35	—
15	17,5	45	—
20	24	55	—
35	40,5	85	—
110	126	200	200

## Глава VI. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

### 28. Ремонт электрических аппаратов напряжением до 1000 в

Одной из наиболее частых причин выхода из строя электрического аппарата является недопустимый нагрев его токопроводящих частей (табл. 192).

**Таблица 192. Допустимые превышения температуры, °С, частей аппаратов напряжением до 1000 В при температуре воздуха 40°С (ГОСТ 403—73)**

Части аппаратов	Режим работы аппаратов			
	продолжительный		прерывисто-продолжительный, повторно-кратковременный, кратковременный	
	в воздухе	в трансформаторном масле	в воздухе	в трансформаторном масле
Коммутирующие контакты главной цепи:				
из меди без покрытия	45	40	65	65
скользящие с накладками из серебра или металлокерамических композиций на базе серебра	80	50	80	65
Комплектуемые контакты вспомогательной цепи с накладками из серебра или металлокерамических композиций на базе серебра	80	50	80	65

Части аппаратов	Режим работы аппаратов			
	продолжительный		прерывисто-продолжительный, повторно-кратковременный, кратковременный	
	в воздухе	в трансформаторном масле	в воздухе	в трансформаторном масле
Контактные соединения внутри аппаратов разборные и неразборные (кроме паяных и сварных):				
из меди, алюминия и их сплавов, стали и алюминия, плакированных медью, без защитных покрытий из меди, алюминия и их сплавов, низкоуглеродистой стали, защищенные от коррозии покрытием неблагородными металлами	55	50	55	55
Контактные соединения внутри аппаратов паяные легкими оловянистыми припоями	65	50	65	65
Контактные соединения внутри аппаратов, выполненные с помощью пайки твердым припоем или сварки	60	50	65	60
Обмотки многослойных катушек с изоляционными материалами нагревостойкостью по ГОСТ 8865—70 классов:	Не нормируется	50	Не нормируется	65
У	50	—	70	—
А	65	60	85	60
Е	80	60	100	60
Б	90	60	110	60
Ф	115	—	135	—
Н	140	—	160	—
С	Более 140	—	—	—
Детали из металла, работающие как пружины:				
из меди	35	35	35	35
из фосфористой бронзы и аналогичных ей сплавов	65	50	65	65
из углеродистой конструкционной качественной стали	80	50	80	65
Рукоятки из:				
металла	15	—	15	—
изоляционного материала	25	—	25	—
Масло в верхнем слое	—	40	—	60

**Примечание.** Допустимое превышение температуры по ГОСТ 10434—76: контактных соединений выводов аппаратов с внешними проводниками не должно быть выше 80° С; контактных разборных и неразборных соединений (шин, проводов или кабелей с медными жилами, алюминия и его сплавов без защитных покрытий контактных поверхностей) не должно превышать 55° С; то же что п. 2, с защитными покрытиями благородными металлами—до 65° С; шин проводов или кабелей с медными жилами и ее сплавов без изоляции или с изоляцией классов В, F и H по ГОСТ 8865—70 с защитным покрытием серебром — до 95° С.

**Таблица 193. Ремонт реостатов**

Ремонтные операции	Способ выполнения
Внешний осмотр, разборка	Осмотр, удаление пыли и грязи со всех внутренних деталей аппарата, проверка состояния зажимных контактов и контактных соединений
Проверка поврежденных резисторов	При необходимости частично ремонтируют с помощью электродуговой сварки или заменяют на новые. Отклонение значений сопротивлений на любом контакте реостата не должно отличаться более чем на $\pm 10\%$
Замена или восстановление контактов	Закопченные контакты промывают бензином и протирают ветошью; слегка обгоревшие — опиливают напильником, снимая наименьшее количество металла и сохраняя геометрическую форму контактов, сильно оплавленные — заменяют новыми
Проверка изношенных частей электроизоляционных деталей	Неисправные электроизоляционные детали — втулки, изоляторы, шайбы, прокладки заменяют новыми
Сборка схемы соединений и регулировка	Согласно схеме реостата собирают элементы. Проверяют непрерывность электрической цепи обмоток элементов сопротивлений, правильность схемы соединения, плавность хода контактирующей щетки

**Примечание.** Ремонт элементов сопротивлений контактов, коммутационного устройства маслонаполненных реостатов аналогичен ремонту реостатов с воздушным охлаждением.

**Таблица 194. Технические данные контакторов**

Тип	Номинальные		Обмотка		Допустимая частота включения, 1/с
	напряжение, В	ток, А	напряжение, В	мощность, Вт	
Контакторы постоянного тока					
КП1	220	20, 40, 75	110	20	1200
КП7	600	2500	110, 220	180	240
КП207	600	2500	110, 220	180	240
КПВ600	220	63, 100, 160, 250, 630	110, 220	30—70	300—1200
КПД100	220	25, 63, 100, 160, 250	110, 220, 400	16—35	—

Тип	Номинальные		Обмотка		Допустимая частота включений, 1/ч
	напряжение, В	ток, А	напряжение, В	мощность, Вт	
Контакторы постоянного и переменного тока					
МК1	220, 500	40	24, 48, 110, 220	38	—
КМЗ—0	220 постоянного, 380 переменного	4,5	127, 220 переменного тока	—	—
КМ200	220, 380 переменного тока	До 350 и 600	110, 220 постоянного тока, 127, 220, 380 переменного тока	50	600

Таблица 195. Технические данные контакторов переменного тока

Тип	Номинальные		Число полюсов	Допустимая частота включений, 1/ч
	напряжение, В	ток, А		
КП6000	380, 660	100, 160, 250, 400, 650, 1000	2, 3, 4, 5	1200
КТ7000	380, 660	100, 160	2, 3, 4, 5	600
КТД121	До 500	40	3	1200
КТПВ600	До 380	63, 100, 160, 250	2	1200

Таблица 196. Технические данные магнитных пускателей серий ПМЕ и ПАЕ (МРТУ 16529—65, МРТУ 16536—69)

Тип при исполнении		Тепловое реле	Ток, А, при напряжении 380 В и исполнении		Предельная мощность управляемого электродвигателя, кВт, при напряжении, В	
открытом	защищенном		открытом	защищенном	220	380
Нереверсивные						
ПМЕ-111	ПМЕ-121	Нет	10	10	2,2	4
ПМЕ-112	ПМЕ-122	ТРН-10				
ПМЕ-211	ПМЕ-221	Нет	25	23	5,5	10
ПМЕ-212	ПМЕ-222	ТРН-25				
ПАЕ-311	ПАЕ-321	Нет	40	40	10	17
ПАЕ-312	ПАЕ-322	ТРН-40				

Тип при исполнении		Тепловое реле	Ток, А, при напряжении 380 В и исполнении		Предельная мощность управляемого электродвигателя, кВт, при напряжении, В	
открытом	защищенном		открытом	защищенном	220	380
ПАЕ-411	ПАЕ-421	Нет	56	56	14	28
ПАЕ-412	ПАЕ-422	ТРП-60				
ПАЕ-511	ПАЕ-521	Нет	115	115	30	55
ПАЕ-512	ПАЕ-522	ТРП-150				
ПАЕ-611	ПАЕ-621	Нет	150	140	40	75
ПАЕ-612	ПАЕ-622	ТРП-60				

## Реверсивные

ПМЕ-113	ПМЕ-123	Нет	10	10	2,2	4
ПМЕ-114	ПМЕ-124	ТРН-10				
ПМЕ-213	ПМЕ-223	Нет	25	23	5,5	10
ПМЕ-214	ПМЕ-224	ТРН-25				
ПАЕ-313	ПАЕ-323	Нет	40	40	10	17
ПАЕ-314	ПАЕ-324	ТРН-40				
ПАЕ-413	ПАЕ-423	Нет	56	56	14	28
ПАЕ-414	ПАЕ-424	ТРП-60				
ПАЕ-513	ПАЕ-523	Нет	115	115	30	55
ПАЕ-514	ПАЕ-524	ТРП-150				
ПАЕ-613	ПАЕ-623	Нет	150	140	40	75
ПАЕ-614	ПАЕ-624	ТРП-150				

Примечание. Для среды с влажностью воздуха до 100% применяют магнитные пускатели серий ПМЕ и ПАЕ тропического исполнения. В этом случае в обозначение добавляют букву Т, например ПМЕ-411Т, ПАЕ-514Т.

Пускатели серий ПМЕ и ПАЕ комплектуются тепловыми токовыми реле, предназначенными для защиты электродвигателей от перегрузок. Применяют тепловые двухполюсные токовые реле серии ТРН и однополюсные серии ТРП (см. табл. 199).

Таблица 197. Технические данные магнитных пускателей серии ПА

Тип	Тепловое реле	Ток, А, при напряжении 380 В и исполнении		Предельная мощность управляемого электродвигателя, кВт, при напряжении, В	
		открытом	защищенном	220	380 и 500
ПА-300	ТРН	40	36	10	17
ПА-400	ТРН-60	63	60	17	30
ПА-500	ТРН-150	110	106	30	50
ПА-600	ТРН-150	146	140	40	75

Таблица 198. Технические данные магнитных пускателей серии П

Тип	Тепловое реле	Ток, А, при напряжении 380 В и исполнении		Предельная мощность управляемого электродвигателя, кВт, при напряжении, В	
		открытом	защищенном	220	380 и 500
П-100	—	15	13,5	1,7	1,7
П-200	РТ-1	22	20	4	5 и 5,5
П-300	РТ-2	50	50	10	20 и 28
П-400	РТ-3	100	90	20	28 и 40
П-500	РТ-4	150	135	40	55

Таблица 199. Технические данные тепловых реле серий ТНР и ТРП

Тип	Тепловое реле		Номинальный ток тепловых элементов (уставки), А
	тип	ток, А	
ПМЕ-000	ТНР-10А	3,2	0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2
ПМЕ-100	ТНР-10	10	0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0
ПМЕ-200	ТНР-25	25	5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25
ПАЕ-300	ТНР-40	40	12,5; 16; 20; 25; 32; 40
ПАЕ-400	ТРП-60	60	20; 25; 30; 40; 50; 60
ПАЕ-500	ТРП-150	150	50; 60; 80; 100; 120
ПАЕ-600	ТРП-150	150	100; 120; 150

Таблица 200. Ремонт контакторов и магнитных пускателей

Ремонтные операции	Способ выполнения
Замена главных контактов	Снимают дугогасительную камеру, отвернув винт, крепящий гибкое соединение к подвижному контакту, удаляют подвижный контакт. Затем необходимо снять неподвижный контакт, промыть бензином, проверить контактные поверхности всех разобранных болтовых контактных соединений. Установить новый контакт на место и собрать все детали в последовательности, обратной разборке
Устранение повреждения гибких соединений	При изломе отдельных медных пластин или проводов их заменяют новыми. В случае повреждения более 20% пластин, гибкое соединение полностью заменяют новым, изготовленным из листовой меди толщиной 0,2—0,3 мм

Ремонтные операции	Способ выполнения
Ремонт дугогасительной камеры	<p>Щеки камеры, имеющие сквозные трещины, заменяют новыми, изготовленными из равноценных материалов — асбоцементных или фибровых плит, а при наличии на них небольших сколов, места сколов заполняют пастообразной смесью, состоящей из асбестового порошка и цемента (марки 400 или 500), разведенных водой. Образовавшийся на пластинах нагар удаляют, а затем промывают бензином. Сильно оплавленные пластины заменяют новыми. Камеру с сильно поврежденными внешними и внутренними деталями целесообразно заменить новой.</p>
Проверка контактной пружины Ремонт катушки	<p>Контактную пружину заменяют новой при любом повреждении</p>
	<p>Поврежденную катушку заменяют новой или перематывают ее обмотку. В случае повреждения обмотки каркасной катушки, освобождают катушку от старой обмотки, очищают каркас, покрывают его бакелитовым лаком и сушат. Затем наматывают на каркас новую обмотку проводом такой же марки и сечения. В случае повреждения каркаса — изготавливают новый.</p> <p>Бескаркасную катушку изготавливают с помощью шаблона. Провод наматывают на шаблон плотно, виток к витку, покрывая каждый слой лаком 447 или 458. Выводы выполняют гибким проводом диаметром 0,8 мм и больше. Выводы соединяют с проводом катушки пайкой припоем ПОС-40 или ПОС-50. Затем готовую катушку пропитывают лаком и сушат.</p>

Т а б л и ц а 201. Обмоточные данные катушек некоторых контакторов постоянного тока серии КП

Тип	При напряжении 220 В	
	диаметр провода, мм	число витков
КП-1	0,15	21000
КП-2	0,18	15900
КП-207	0,59	6800
КПД-100	0,19	1500
КПВ-600	0,20	1900

**Т а б л и ц а 202. Обмоточные данные катушек магнитных пускателей ПМЕ и ПАЕ**

Тип	Диаметр провода, мм, при напряжении, В		Число витков при напряжении, В		Ток, А, потребляемый катушками, при напряжении, В	
	220	380	220	380	220	380
ПМЕ-000	0,12	0,09	5300	9000	0,055	0,032
ПМЕ-100	0,15	0,11	4150	7170	0,104	0,06
ПМЕ-200	0,27	0,2	2600	4500	0,136	0,071
ПАЕ-300	0,25	0,19	2280	3800	0,146	0,087
ПАЕ-400	0,35	0,27	1600	2760	0,280	0,16
ПАЕ-500	0,49	0,35	1200	2070	0,355	0,215
ПАЕ-600	0,62	0,47	890	1540	0,515	0,29

**Т а б л и ц а 203. Обмоточные данные катушек магнитных пускателей ПА**

Тип	Диаметр провода, мм, при напряжении, В		Число витков при напряжении, В		Ток, А, потребляемый катушками, при напряжении, В	
	220	380	220	380	220	380
ПА-300	0,23	0,17	2400	4000	0,13	0,09
ПА-400	0,35	0,27	1600	2760	0,28	0,16
ПА-500	0,49	0,35	1200	2070	0,35	0,22
ПА-600	0,62	0,47	890	1540	0,51	0,29

**Т а б л и ц а 204. Обмоточные данные катушек магнитных пускателей П**

Тип	Диаметр провода, мм, при напряжении, В		Число витков при напряжении, В		Ток, А, потребляемый катушками при напряжении, В	
	220	380	220	380	220	380
П-200	0,20	0,15	2500	4350	0,11	0,06
П-300	0,29	0,23	1950	3380	0,31	0,18
П-400	0,64	0,47	850	1470	0,47	0,27
П-500	0,86	0,64	700	1200	0,65	0,36

Т а б л и ц а 205. Технические данные растворов, провалов и нажатий для некоторых контактов и пускателей

Тип	Раствор, мм	Провал, мм	Контактные нажатия, Н	
			начальное	конечное
ПМЕ-000	2,8	2,4±0,4	1,1	2,3
ПМЕ-100	2,5	2,5±0,5	2	3,5
ПМЕ-200	3	3±0,5	4,5	6,7
ПА-300	3	2,2±0,3	6,9±0,35	9,7±0,5
ПА-400	3	3±0,5	13±1,3	18,8±1,8
ПА-500	4	4±0,5	23±2,5	32,8±3,3
ПА-600	4	4±0,5	34±1,7	50,6±2,5
П-6	3	2,4±0,5	—	2,7
КП-1	8—10	3,5	1,46	2,45
КПД-2	11—13	3	7,84	14,6
КПВ-502	8	2,4	4—5	8—10
КТПВ-521	13	2,4—3	4—5	8—10

## ЛИТЕРАТУРА

Атабеков В. Б. Ремонт электрооборудования промышленных предприятий. — М.: Высшая школа, 1979.

Никулин Н. В. Справочник молодого электрика по электротехническим материалам и изделиям. — М.: Высшая школа, 1982.

Никулин Н. В. Электроматериаловедение. — М.: Высшая школа, 1979.

Кокорев А. С. Электрослесарь по ремонту электрических машин. — М.: Высшая школа, 1979.

Кокорев А. С. Справочник молодого обмотчика электрических машин. — М.: Высшая школа, 1975.

Сибкин Ю. Д. Справочник молодого рабочего по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий. — М.: Высшая школа, 1978.

Вишток А. М., Зевин М. Б., Парини Е. П. Справочник молодого электромонтера. — М.: Высшая школа, 1978.

Худяков З. И. Ремонт трансформаторов. — М.: Высшая школа, 1982.

Бокман Г. А., Пузевский И. С. Конструкция и технология производства электрических машин и аппаратов. — М.: Высшая школа, 1977.

Фарбман С. А., Бун А. Ю., Райхлин И. М. Ремонт и модернизация трансформаторов. — М.: Энергия, 1976.

Илюнин К. К., Леонтьев Д. И. и др. Справочник по электроизмерительным приборам. — Л.: Энергия, 1977.

Атабеков В. Б., Крюков В. И. Справочник по устройству и эксплуатации городских электрических сетей. — М.: Стройиздат, 1976.

Правила устройства электроустановок. — М.: Атомиздат, 1977.

Строительные нормы и правила (СНиП). — М.: Стройиздат, 1977.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
<b>Глава I. Общие вопросы ремонта электрооборудования . .</b>	<b>4</b>
1. Система планово-предупредительного ремонта . . .	4
2. Нормы расхода материалов и запасных частей . . .	5
3. Категории сложности ремонта . . . . .	10
4. Трудоемкость электроремонтных работ . . . . .	11
5. Структура и оборудование ремонтной базы предприятия . . . . .	12
<b>Глава II. Материалы и изделия для ремонта электрооборудования . . . . .</b>	<b>19</b>
6. Металлы и металлические изделия . . . . .	19
7. Шины и провода . . . . .	23
8. Проводниковые материалы, сплавы, припой и флюсы . . . . .	28
9. Электроизоляционные материалы . . . . .	32
<b>Глава III. Оборудование, механизмы, инструменты, применяемые при ремонте электрооборудования . . . . .</b>	<b>44</b>
10. Грузоподъемные механизмы . . . . .	44
11. Канаты . . . . .	48
12. Стропы . . . . .	52
13. Электрифицированный инструмент . . . . .	53
14. Сварочные трансформаторы, преобразователи и выпрямители . . . . .	55
15. Станки для намотки обмоток трансформаторов . . . . .	57
<b>Глава IV. Ремонт электрических машин . . . . .</b>	<b>58</b>
16. Общие сведения об электрических машинах . . . . .	58
17. Конструктивное исполнение и режимы работ электрических машин . . . . .	66
18. Неисправности и ремонт механической части электрических машин . . . . .	68
19. Неисправности и ремонт токособирающих устройств и других частей электрических машин . . . . .	84
20. Неисправности и ремонт обмоток электрических машин . . . . .	90
21. Нормы испытаний электрических машин после ремонта . . . . .	104

	Стр.
<b>Глава V. Ремонт силовых трансформаторов . . . . .</b>	<b>106</b>
22. Общие сведения о силовых трансформаторах . . . . .	106
23. Неисправности и ремонт магнитопровода трехфазных масляных трансформаторов . . . . .	113
24. Неисправности и ремонт обмоток . . . . .	117
25. Неисправности и ремонт переключающих устройств и других деталей трансформаторов . . . . .	130
26. Сушка трансформаторов и трансформаторного масла	139
27. Нормы испытания трансформаторов и трансформатор- ного масла после ремонта (ГОСТ 11677—75) . . . . .	142
<b>Глава VI. Ремонт электрических аппаратов . . . . .</b>	<b>149</b>
28. Ремонт электрических аппаратов напряжением до 1000 в . . . . .	149
<b>Литература . . . . .</b>	<b>158</b>

## ВИТАЛИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ СЕМЕНОВ

### Справочник молодого электромонтера по ремонту электрооборудования промышленных предприятий

Научный редактор Живов М. С. Редактор Сорокина М. И.  
Художник Шавард А. И. Художественный редактор Панина Т. В.  
Технический редактор Григорчук Л. А. Корректор Орлова В. А.

ИБ № 2783

Изд. № ЭГ-394. Сдано в набор 11.12.81. Подписано в печать 17.04.82.  
Т-06500. Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать  
высокая. Объем 8,4 усл. печ. л. 8,61 усл. кр.-отт. 9,35 уч.-изд. л. Тираж  
200 000 экз. Заказ № 960. Цена 45 коп.

Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14. Издательство «Высшая школа»

Владимирская типография «Союзполиграфпрома»  
при Государственном комитете СССР по делам издательств,  
полиграфии и книжной торговли  
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7