

**Библиотека
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА**

Л.Г. РУБО
Е.Л. МАРШАК

**Монтаж обмоток
электрических
машин
высокого
напряжения**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

621.3
Р 82

Выпуск 140

13688

[Л. Г. РУБО], Е. Л. МАРШАК

МОНТАЖ ОБМОТОК
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН
ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

12645



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА

1964

ЛЕНИНГРАД

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большам Я. М., Васильев А. А., Долгов А. Н., Ежков В. В.,
Каминский Е. А., Мандрыкин С. А., Синьчугов Ф. И.,
Смирнов А. Д., Устинов П. И.

УДК 621.3.045.002.72

Р82

В брошюре рассматриваются вопросы монтажа двухслойных обмоток машин высокого напряжения с непрерывной и гильзовой изоляцией. Описаны виды исполнения изоляции и методы испытания обмоток при производстве ремонта. Приведены способы подготовки активной стали для укладки обмоток и испытания ее на нагрев и способы укладки обмоток.

Брошюра может представить интерес для мастеров, бригадиров и рабочих, занятых ремонтом электрических машин.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Подготовка активной стали к укладке обмотки	5
2. Исполнение изоляции и укладка двухслойных обмоток	17
3. Пайка и изолировка внутримашинных соединений	33
4. Сушка электрических машин	42
5. Испытания электродвигателей в процессе ремонта	50
Литература	

| Рубо Леонид Григорьевич | , Маршак Евсей Львович

Монтаж обмоток электрических машин высокого напряжения.

М.-Л., издательство „Энергия“, 1964. 56 с. с черт. (Б-ка электромонтера,
вып. 140) Тематический план 1964 г., № 199.

Редактор Р. Б. Уманцев

Техн. редактор О. П. Печеникина

Сдано в набор 5/VI 1964 г.

Подписано к печати 12/VIII 1964 г.

Т-09197 Формат 84×108^{1/2}

Печ. л. 2,87 Уч.-изд. л. 2,88

Тираж 21 500 экз.

Цена 10 коп.

Зак. 130

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати.
Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Электромашиностроительные заводы поставляют для электрических машин, находящихся в эксплуатации, большое количество запасных частей, в том числе и катушки статорных обмоток машин переменного тока. Эти катушки на местах монтируются в электрические машины как специализированными электроремонтными предприятиями, так и непосредственно эксплуатационным персоналом данного предприятия.

Как сама замена обмоток, так и сопутствующие этой замене работы — испытание и ремонт активной стали и др. — должны производиться с соблюдением соответствующих технических правил и нормативов. Однако эти правила и нормативы не всегда точно соблюдаются, что нередко приводит к преждевременному выходу из строя отремонтированных машин или к уменьшению их эксплуатационной надежности.

В ряде случаев замена старой обмотки статора связывается также с модернизацией самого электродвигателя или с изменением способа пуска (переход на прямой пуск и т. д.), что требует особого подхода к вопросу крепления лобовых частей.

Иногда после ремонта производится сушка машин без особой надобности, чем задерживается своевременный ввод в эксплуатацию новых мощностей.

В настоящей брошюре приводятся технические и технологические указания, которыми надлежит руководствоваться при укладке и соединениях наиболее распространенных

страненных в настоящее время двухслойных статорных обмоток и сопутствующих этой замене операциях по ремонту и испытанию активной стали, сушке и испытанию отремонтированных машин.

В брошюре использованы указания заводов—изготовителей машин и специализированных ремонтных организаций.

Обо всех замечаниях просьба сообщить по адресу г. Москва, Ж-114, Шлюзовая набережная, 10, издательство «Энергия».

1. ПОДГОТОВКА АКТИВНОЙ СТАЛИ К УКЛАДКЕ ОБМОТКИ

Монтаж (укладка) новой обмотки статора должен производиться только после проверки исправности активной стали. После укладки обмотки устранение даже мелких дефектов стали статора совершенно недопустимо, так как это может привести к повреждению изоляции обмоток.

а) Основные неисправности активной стали и способы их устранения

Ослабление прессовки стали. Активная сталь должна быть спрессована так плотно, чтобы сила трения между ее отдельными листами исключала возможность какого-либо, даже незначительного перемещения одного листа по отношению к другому. При хорошей запрессовке пакетов лезвие перочинного ножа под нажимом руки не должно заходить между отдельными листами стали. Ослабление прессовки при работе машины вызывает специфический шум, а сильное ослабление может вызвать и вибрацию корпуса статора.

При разборке машины перед ремонтом и осмотре состояния активной стали ослабленная прессовка выявляется наличием ржавых пятен на ее поверхности. Такое ржавление распространяется только на участки с пониженной прессовкой и является результатом так называемой контактной коррозии, которой подвергаются поверхности стальных листов и деталей, перемещающихся друг от относительно друга.

При недостаточной плотности прессовки вибрация отдельных листов стали приводит к разрушению межлистовой изоляции и поломке незажатых стальных ли-

стов, смежных с вентиляционными каналами. Отломанные части зубцов могут повредить изоляцию.

Значительная вибрация стали в зубцовой зоне представляет особую опасность для изоляции обмотки, так как может вызвать ее истирание в местах, прилегающих к вибрирующим участкам. Поэтому перед укладкой обмоток, безусловно, должна быть восстановлена достаточная прессовка стали.

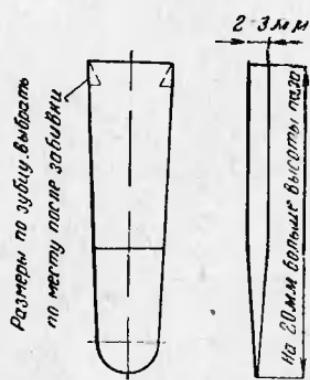


Рис. 1. Уплотняющий клин.

клиньев от выпадания от них отгибаются с ними края зубцовых листов.

После запрессовки уплотняющими клиньями сталь должна быть покрыта изоляционным лаком. При последующей ревизии и осмотре состояния прессовки стали сохранность этой пленки позволяет убедиться в отсутствии на отремонтированных участках контактной коррозии. Наличие коррозии на отлакированной поверхности определит необходимость дополнительного уплотнения стали.

Общее ослабление прессовки может быть устранено подтяжкой нажимных шайб, прессующих сталь. Однако не всякая конструкция крепления стали допускает эту подтяжку, а иногда ослабление прессовки может иметь место даже при подтянутых до упоров нажимных шайбах.

Следует учесть, что при подтяжке шайб зона уплотнения стали распространяется на незначительную длину от нажимных шайб и не достигает центральной части активной стали. Поэтому такая подтяжка целесообразна для машин со сравнительно небольшой длиной активной стали (до 350—400 мм).

При креплении нажимных шайб с помощью сварки или шпонок для уплотнения стали приходится удалять нажимную шайбу, подкладывать под нее листы электрокартона или асбеста, вырезанные по форме листов стали, вновь накладывать и закреплять шайбу.

Сжатие стали производится путем создания давления на нее в $10-12 \text{ кГ/см}^2$.

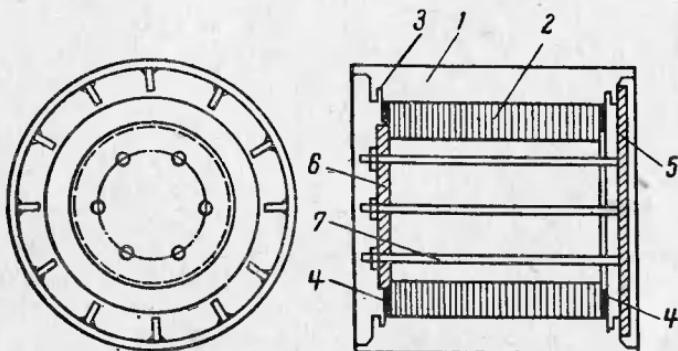


Рис. 2. Опрессовка активной стали.

1 — корпус; 2 — активная сталь; 3 — гнезда для стопора или замкового кольца; 4 — нажимная шайба; 5 — нижняя опорная плита; 6 — верхняя нажимная плита; 7 — стяжные болты.

Приспособления для опрессовки стали приведены на рис. 2.

При опрессовке стали необходимо тщательно следить за равномерностью нажатия и отсутствием перекосов. Для предотвращения смещения зубцов, в пазы следует закладывать оправки, пригнанные по форме паза. Количество таких оправок составит: для несоставных листов активной стали 6—8 шт. по окружности статора, а для листов, составленных из отдельных сегментов, — 2—3 шт. на каждый сегмент.

Оплавление отдельных участков стали. Повреждение обмоток статора, сопровождающееся возникновением электрической дуги, а также попадание в расточку посторонних металлических предметов и др. могут вызвать местное оплавление участка активной стали.

Естественно, что работа машины с таким повреждением стали недопустима из-за чрезмерного нагрева этих мест и неизбежного повреждения частей обмотки, прилегающей к такому участку.

На рис. 3 схематически показано оплавленное место, где в видимой зоне листы сплавлены между собой, а повреждение межлистовой изоляции лежит на 10—15 мм ниже этой видимой зоны оплавления. Во время ремонта вся поврежденная зона должна быть вырублена до такой степени, чтобы не осталось спекшихся (сплавленных) между собой листов. Для удаления заусенцев между листами поверхность вырубленной зоны обрабатывается хорошо заточенным, острым шабером.

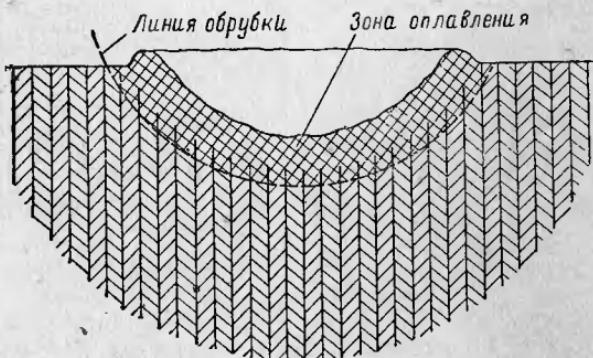


Рис. 3. Оплавление активной стали.

При ремонте листы стали раздвигаются отверткой или ножом и между ними на глубину 10—15 мм закладываются пластиинки из слюды толщиной 0,05—0,07 мм, как указано на рис. 4. После установки пластинок отремонтированный участок стали покрывается покровным лаком БТ-99 (быв. 462П).

Если поврежденный участок стали находится в пазу, то для предотвращения всучивания обмотки вырубленная полость заполняется специальной замазкой или прокладками из текстолита, гетинакса или миканита. Если зона повреждения значительна, иногда приходится обрубать целиком зубец на длину 1—2 пакетов. В этом случае вырубленные зубцы должны быть заменены заполнителем из текстолита или гетинакса (см. рис. 5). Заполнитель зубцов нужно тщательно подогнать по месту, чтобы он плотно лежал между обмоткой и сталью. Какого-либо специального крепления заполнителя к стали не требуется, так как клинообразная форма препятствует выпаданию его из обмотки. Кроме того, пазовые

клиныя статорной обмотки создают дополнительное крепление заполнителя.

Следует отметить, что выплавление больших объемов стали и повреждение межлистовой изоляции в больших

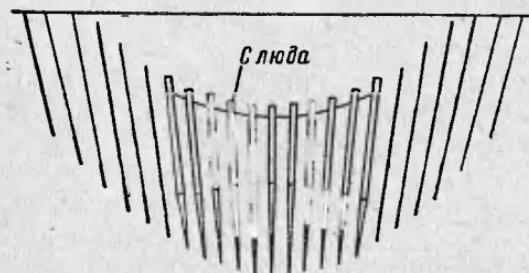


Рис. 4. Установка слюдяных пластинок при ремонте оплавленного участка стали.

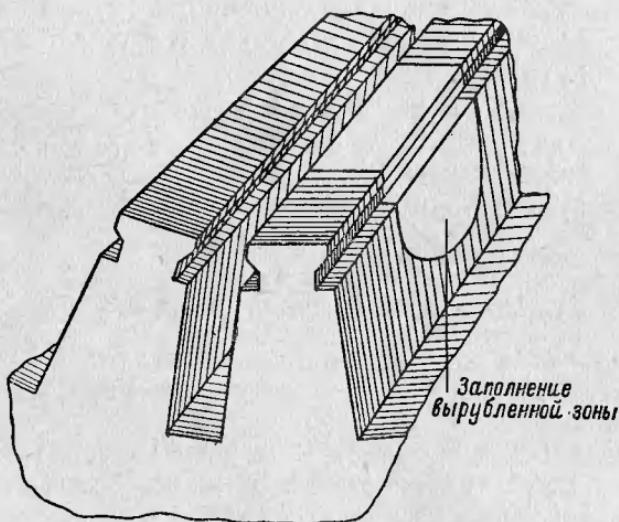


Рис. 5. Установка заполнителя взамен вырубленного зубца.

пределах могут потребовать полной перешихтовки активной стали с переизолировкой всех листов. Однако полная разборка и переизолировка листов с последующей прессовкой и сборкой активной стали представляет собой столь трудоемкую и технически сложную операцию, что выполнение ее во внезаводских условиях обычно

поручается специализированным ремонтным организациям.

Перед укладкой новой обмотки пакеты активной стали следует:

- 1) очистить и продуть сжатым воздухом и при необходимости продорновать пазы статора;
- 2) проверить крепление пальцев нажимных шайб и ветряниц в вентиляционных каналах и при необходимости их дополнительно закрепить;
- 3) проверить правильность расточки по окружности статора; для этого диаметр статора измеряется по двум взаимно перпендикулярным направлениям и в трех сечениях по длине стали: посередине и на расстоянии 35—50 мм от нажимных шайб.

Если разница в измерениях превышает 20% величины воздушного зазора машины, необходимо своими силами или силами специализированной ремонтной организации провести ремонт, связанный с устранением деформации статора.

Пазы статора после проверки расточки протираются тряпками, смоченными в бензине марки Б-70, и покрываются тонким слоем лака БТ-99 из пульверизатора, после чего производится испытание активной стали статора.

б) Испытание активной стали статора

Целью испытания активной стали является проверка отсутствия замыкания между листами и вызванных этими замыканиями местных перегревов.

Испытание также дает возможность определить величину потерь в стали пакета и таким образом оценить исправность всего пакета в собранном виде.

Испытание производится индукционным методом на машине с вынутым ротором по схеме, приведенной на рис. 6. На время испытаний корпус статора следует надежно заземлить проводом сечением не менее 50 мм^2 .

Испытание должно производиться при значении магнитной индукции в спинке статора $B = 10\,000 \text{ Гс}$ и частоте переменного тока равной 50 *пер/сек* путем наложения на статор намагничивающей обмотки.

Эта обмотка выполняется проводом ПР или ПРГ. Допускается также применение обмоточного провода,

дополнительно изолированного хлопчатобумажной лентой, пропитанной в лаке. При отсутствии провода необходимого сечения намагничивающая обмотка может быть выполнена из нескольких параллельных проводов. Применение освинцованных или бронированных кабеля недопустимо. Во избежание повреждений изоляции провода обмотку следует накладывать на прокладки из дерева или прессшпана, уложенные поверх корпуса статора.

Число витков намагничивающей обмотки определяется по формуле

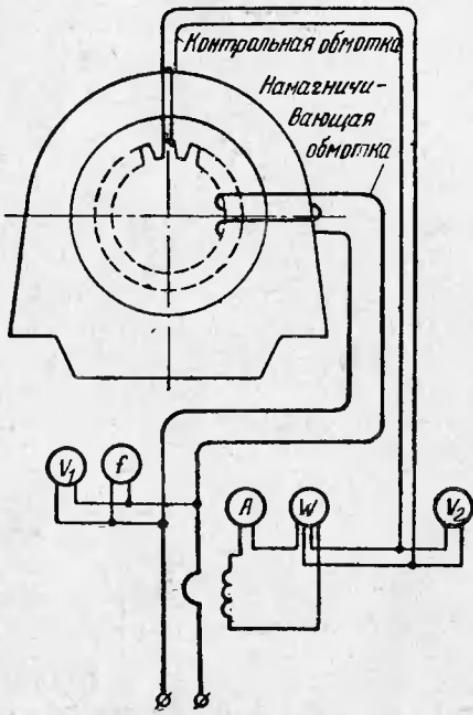


Рис. 6. Схема испытания активной стали статора.

$$w_1 = \frac{45U_1}{Q},$$

где U_1 — напряжение, подключаемое при испытании к зажимам намагничивающей обмотки, в;

Q — поперечное сечение спинки статора, см^2 ;

$$Q = (l - nb_s) h_{\text{сп}} k_{\text{ст}},$$

где

$$h_{\text{сп}} = \frac{D_{\text{внешн}} - D_{\text{внутр}}}{2} - h_{\text{зуб}};$$

n — число вентиляционных каналов;

b_s — ширина воздушных каналов;

$k_{\text{ст}}$ — коэффициент заполнения стали (см. табл. 1).

Таблица 1
Коэффициент заполнения стали

Вид изоляции	Коэффициент заполнения стали при толщине, мм	
	0,5	0,35
Оклейка бумагой . .	0,89	0,85
Лакировка	0,91	0,87

Размеры: $D_{\text{внеш}}$, $D_{\text{внутр}}$, l , b_s и $h_{\text{зуб}}$, см (см. рис. 7).

Примечание. В том случае, если через спинку статора проходят стяжные болты, высота спинки определяется по формуле

$$h_{\text{сп}} = \frac{D_{\text{внеш}} - D_{\text{внутр}}}{2} - h_{\text{зуб}} - d_{\text{отв}} \text{ (см. рис. 8).}$$

Если число витков окажется дробным, надлежит принять ближайшее целое число.

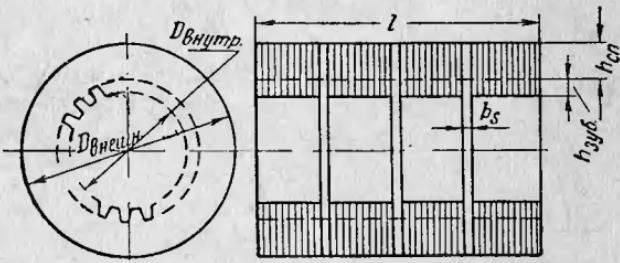


Рис. 7. Размеры активной стали.

При выборе источника питания для намагничающей обмотки следует учитывать, что более высокое напряжение позволяет применять обмотку с большим числом витков и, следовательно, обеспечивает условия испытания, более близкие к расчетным.

Пример. По расчету напряжение на один виток составляет 80 в. Имеются источники питания 220 и 500 в. При 220 в и ближайшем целом числе витков намагничающей обмотки индукция в стали составляет 9200 Гс, при 500 в — 9700 Гс.

Ток, потребляемый намагничивающей обмоткой для создания в спинке индукции $B = 10\ 000$ гс, определяется формулой

$$I_1 = \frac{3,3 (D_{внешн} - h_{сп}) aw}{w_1},$$

где $h_{сп}$ — высота спинки, см;
 aw — удельные ампер-витки, равные:

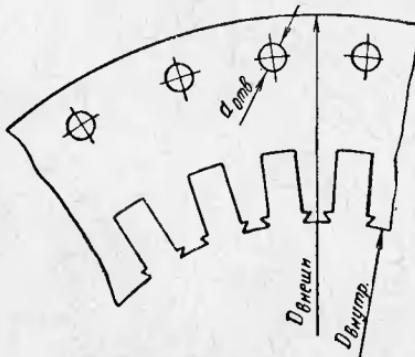


Рис. 8. Размеры спинки стали.

- а) для повышеннолегированной и высоколегированной сталей марок Э3, Э4 — $2 \div 2,5$ ав/см;
- б) для слаболегированной и среднелегированной стали марок Э1, Э2 — $4,5 \div 5$ ав/см.

Примечания: 1. Большие значения относятся к статорам с числом сегментов более четырех и разъемным статорам.

2. При отсутствии данных о сорте стали следует руководствоваться следующим: статоры электрических машин мощностью до 10 000 квт выпуска до 1932 г. изготавливались из слаболегированной стали. Начиная с 1932 г., статоры изготавливаются из высоколегированной стали.

Сечение провода для намагничивающей обмотки при различных нагрузках приведено в табл. 2.

Число витков намагничивающей обмотки w_1 и ток, потребляемый намагничивающей обмоткой I_1 , могут быть определены и по номограмме (см. рис. 9), где, отложив на соответствующих шкалах известные величины U_1 и Q и соединив их прямой до пересечения со шкалой w_1 , находим величину w_1 . Аналогично по известным

Таблица 2

Допустимые нагрузки проводов для намагничивающей обмотки

Назначение провода	Допустимая нагрузка при сечении провода, мм^2						
	16	10	16	25	35	50	70
Намагничивающая обмотка .	30	45	60	85	105	130	170
Питание намагничивающей обмотки (подводящие провода)	45	65	90	125	150	190	240

величинам w_1 и $D_{\text{ср}}$ определяют и величину намагничивающего тока I_1 :

$$D_{\text{ср}} = \frac{D_{\text{внешн}} + D_{\text{внутр}}}{2} + h_{\text{зуб.}}$$

Мощность, необходимая для питания намагничивающей обмотки при испытании, определяется по формуле

$$P_{\text{исп}} = \frac{I_1 U_1}{1000}, \text{ ква.}$$

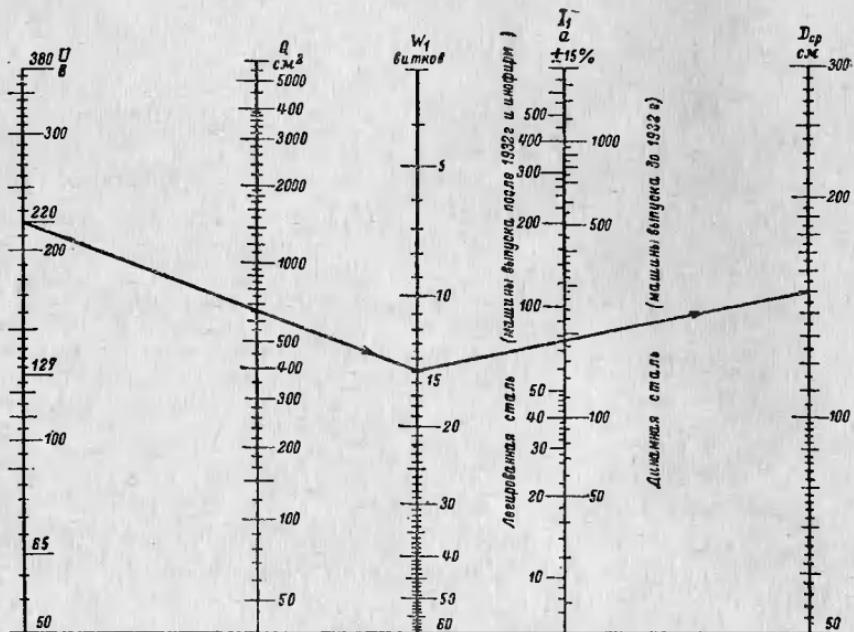


Рис. 9. Номограмма для определения числа витков и тока намагничивающей обмотки.

Число витков контрольной обмотки w_2 определяется соотношением $w_2 = w_1 \frac{U_2}{U_1}$, где U_2 — напряжение на зажимах контрольной обмотки, которое выбирается из условия удобного отсчета показаний по шкале имеющегося вольтметра.

Намагничающая обмотка присоединяется к источнику питания через отдельные предохранители и двухполюсный рубильник, которые должны быть выбраны исходя из величины тока, потребляемого намагничающей обмоткой.

При проведении испытания предварительно следует произвести пробное включение намагничающей обмотки и проверить напряжение на зажимах контрольной обмотки, которое не должно значительно отличаться от расчетной величины U_2 . При значительном расхождении величины U_2 с выбранной следует ввести необходимые корректиры в число витков намагничающей обмотки. Кроме того, необходимо следить за тем, чтобы при испытании активной стали частота тока в сети поддерживалась равной 50 гц. В случае невозможности обеспечить требуемую частоту испытание активной стали статора следует отложить на время, когда нагрузка сети будет снижена (ночное время, выходные дни и т. д.).

Следует иметь в виду, что величина напряжения на зажимах контрольной обмотки U_2 пропорциональна магнитной индукции в стали и если напряжение U_2 отличается от расчетного, то магнитная индукция в стали не будет равна 10 000 гс и может быть определена по формуле

$$B = kU_2,$$

где

$$k = \frac{45 \cdot 10^4}{Qw_2}.$$

По истечении 10 мин после начала испытания следует напряжение снять, проверить на ощупь нагрев стали по всей расточке статора и, выбрав наиболее холодные зубцы, заложить в соответствующие пазы термопары или термометры. Снова включить напряжение, через 10 мин вновь снять напряжение и на ощупь определить зубцы, имеющие повышенный нагрев, и также установ-

вить термопары или термометры. Остальные термометры или термопары устанавливаются равномерно по расстояке и длине активной стали.

На участках активной стали статора, подвергавшихся ремонту, следует обязательно заложить термометры или термопары.

После закладки термопар или термометров включить напряжение и в течение 90 мин вести прогрев стали статора. В процессе прогрева через каждые 10 мин записывать температуру в журнале.

Прогрев стали статора следует немедленно прекратить, отключив намагничающую обмотку в случаях:

а) если в процессе прогрева температура какой-либо точки активной стали статора достигает 100°C;

б) при появлении дыма или искр из какого-либо участка активной стали статора или намагничающей обмотки.

Состояние активной стали статора считается в пределах нормы, если:

а) удельные потери не превосходят:

2,5 вт/кг — для повышеннолегированной и высоколегированной сталей;

5,5 вт/кг — для слаболегированной и среднелегированной сталей;

б) по истечении 90 мин после начала испытаний максимальный перегрев не превосходит 45°C;

в) максимальная разность перегревов между отдельными зубцами по истечении 90 мин после начала испытаний не превосходит 25°C.

Подсчет удельных потерь производится по формуле

$$P_0 = \frac{40k_{tp} \frac{w_1}{w_2} P_B}{Q(D_{внешн} - h_{cn})}, \text{ вт/кг},$$

где P_B — показание ваттметра, вт (без учета коэффициента трансформации);

k_{tp} — коэффициент трансформации трансформатора тока.

Примечания: 1. Для случая, если при замере потерь индукция в спинке B не равна 10 000 Гс (U_2 не равно расчетному), действительная величина удельных потерь должна быть пересчитана по формуле $P_{10} = \left(\frac{10000}{B} \right)^2 P_0$, где P_0 — удельные потери при испытании.

2. Место испытания должно быть огорожено и установлены соответствующие предостерегающие плакаты. К статору в процессе испытания нельзя прикасаться руками.

3. Все наблюдения следует вести дистанционно, по приборам.

По окончании испытаний результаты должны быть занесены в формуляр.

2. ИСПОЛНЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ И УКЛАДКА ДВУХСЛОЙНЫХ ОБМОТОК

а) Общие сведения

В настоящее время для машин переменного тока наиболее распространенными являются двухслойные обмотки. В отличие от однослойных все катушки двухслойной обмотки, входящие в комплект машины, являются одинаковыми, что при массовом производстве удешевляет и упрощает процесс их изготовления.

Укладка катушек двухслойной обмотки в пазы значительно проще, чем укладка других видов обмоток: разрезных (U-образных), протяжных и др. Двухслойные обмотки обладают высокой динамической устойчивостью, крепление катушек осуществляется сравнительно простым и вместе с тем надежным способом. Лобовые части двухслойных обмоток хорошо вентилируются охлаждающим воздухом. При текущих ремонтах продувка и очистка этих обмоток легче, чем других видов обмоток. Вид катушек двухслойной обмотки приведен на рис. 10, а общий вид статора с уложенной обмоткой — на рис. 11.

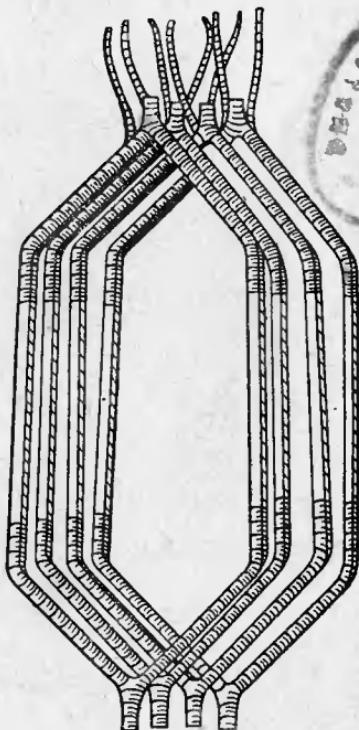


Рис. 10. Катушки двухслойной обмотки.

Размеры изоляции катушек в первую очередь определяются величиной номинального напряжения машины. Кроме того, для одного и того же напряжения, помимо нормального исполнения, изоляция может быть выполнена с повышенной теплостойкостью или повышенной влагостойкостью. С конструктивной стороны имеют место два вида исполнения общей изоляции катушек: непрерывная и комбинированная — с гильзой в прямолинейной части. Ниже приводится краткое описание этих видов изоляции.

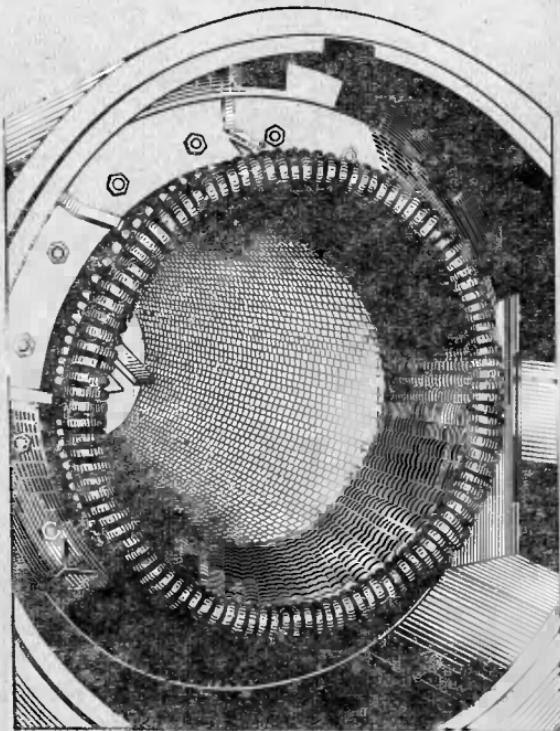


Рис. 11. Статор с уложенной обмоткой.

б) Конструкция катушек с комбинированной (гильзовой) изоляцией

Изоляция катушек в пазовой и лобовой частях отличается одна от другой. Общая изоляция пазовой части представляет собой плотно накатанную, опрессованную и запеченную гильзу из микафолия или миканита, поверху

защищенным слоем электроизоляционного материала толщиной 0,1—0,2 мм.

Общая изоляция лобовой части катушек выполняется из нескольких слоев лакоткани и микаленты, число слоев которых зависит от номинального напряжения машины. Кроме того, поверх общей изоляции на лоб-



Рис. 12. Сопряжение изоляции пазовой и лобовых частей.

вую часть накладывается защитный слой хлопчатобумажной, асбестовой или стеклянной ленты.

Проводниковая и витковая изоляция таких катушек определяется не только номинальным напряжением, но и дополнительными требованиями в части теплостойкости. В зависимости от этих требований применяется провод с хлопчатобумажной изоляцией (марки ПБД) или с асбестовой или стекловолокнистой изоляцией (марок ПДА или ПСД).

Витковая изоляция в пазовой части катушек состоит из прокладок микарита или слюдинита либо из микаленты, накладываемой на каждый виток или через виток. Витковая изоляция в лобовой части, как правило, производится микалентой.

Крайне уязвимым местом гильзовой изоляции является место стыка пазовой и лобовой частей катушек. Сопряжение пазовой и лобовой изоляции, как правило, выполняется способом «обратного конуса» (см. рис. 12). Способ «прямого конуса», при котором укорачивается путь электрического разряда от меди через стык изоляции к стали, применяется при длинных прямолинейных вылетах гильзы.

Гильзовая изоляция имеет ряд существенных недостатков:

1.- Жесткость и хрупкость изоляции катушек, затрудняющие их укладку в пазы, так как при этом неизбежна деформация изоляции (особенно при укладке последних, так называемых «замковых катушек»).

2. Утолщение в местах переходов от пазовой к лобовой части катушек, создающее дополнительную трудность при их укладке.

3. Разбухание гильз в пазах и вентиляционных каналах после небольшого срока работы машины, затрудняющее демонтаж катушек. Нужно учитывать, что при двухслойной обмотке для замены одной поврежденной катушки приходится извлекать из пазов все катушки в пределах шага. Помимо того, при разбухании гильзы внутри нее получаются воздушные включения, снижающие электрическую прочность изоляции.

4. Быстрое пересыхание лакоткани в лобовых частях, что резко снижает динамическую устойчивость всей обмотки.

Несмотря на то что гильза выполняется из микафолия или миканита, т. е. из материалов, относящихся по своей теплостойкости к классу В, описанная выше изоляция катушек в целом должна быть отнесена к классу А из-за применения лакоткани для изоляции лобовых частей.

Однако имеет место и такое исполнение, когда витковая и общая изоляция лобовых частей выполняется только микалентой. В этом случае изоляция катушек относится к классу В.

К числу достоинств гильзовой изоляции следует отнести то, что ее сравнительно легко можно изготовить на месте ремонта машины, в то время как изготовление непрерывной (компаундированной) изоляции, описание которой приведено ниже, возможно только в условиях электромашиностроительного завода. Толщина пазовой изоляции для одного и того же номинального напряжения при гильзовом исполнении меньше, чем при непрерывной изоляции, что, естественно, повышает коэффициент заполнения паза медью.

Известны случаи, когда переход с непрерывной изоляции на гильзовую позволил увеличить мощность машины, и наоборот, замена гильзовой изоляции непре-

рывной повлекла за собой снижение номинальной мощности.

На рис. 13 приведены конструкции гильзовой изоляции статорных обмоток для машин переменного тока, напряжением от 550 до 6 300 в, а на рис. 14 и 15 — исполнение изоляции уголка (места сопряжения пазовой и лобовой изоляции) и выводных концов обмоток (см. приложение).

в) Конструкция катушек с непрерывной изоляцией лента

При непрерывной изоляции катушек проводниковая и витковая изоляция не отличается от соответствующей изоляции при гильзовом исполнении. Общая изоляция этих катушек одинакова в пазовой и лобовой частях катушек и выполняется микалентой, число слоев которой определяется номинальным напряжением машины.

При изготовлении катушек с непрерывной изоляцией они проходят процесс компаундирования, заключающийся в том, что после наложения микаленты катушки подвергаются сушки в котле под вакуумом,

при этом из изоляции удаляется воздух и летучие вещества, заключенные в лаке, на котором изготовлена микалента; после сушки в этот котел, под давлением подается компаундная масса, заполняющая все пустоты между слоями микаленты.

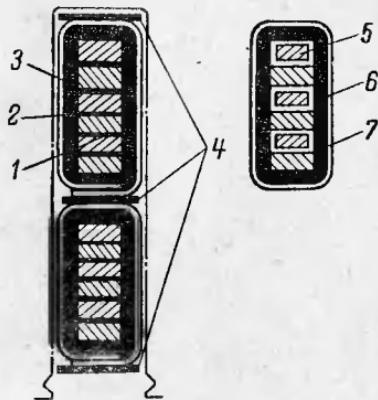


Рис. 13. Конструкция гильзовой изоляции.

1 — миканитовая прокладка; 2 — микафолиевая гильза; 3 — электрокартон — проходная коробочка; 4 — электрокартонная прокладка; 5 — хлопчатобумажная или стеклянная изоляция (лобовая часть); 6 — лакоткань или микалента (лобовая часть); 7 — хлопчатобумажная ленга вплюнхлеста (лобовая часть).

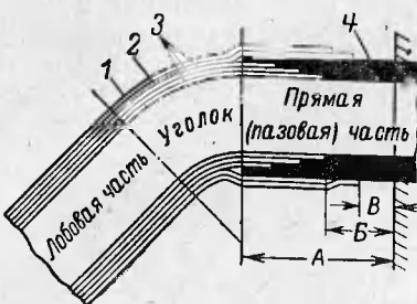


Рис. 14. Изоляция уголков.

1 — хлопчатобумажная или стеклянная лента; 2 — лакотканевая или стеклянная лента; 3 — микалента; 4 — микафоновая гильза.

Компаундирование придает изоляции монолитность и прочность. Одно из положительных свойств компаундированной изоляции заключается в том, что при подогреве катушек до 70—80° С заключенный в них компаунд размягчается, катушки становятся гибкими и при укладке изоляция их не повреждается.

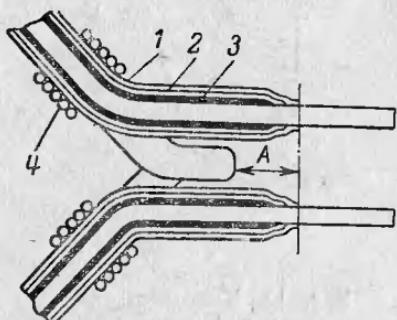


Рис. 15. Изоляция выводных концов и головок.

1 — хлопчатобумажная или стеклянная лента; 2 — лакотканевая или стеклянная лента; 3 — микалента; 4 — шпагатный бандаж.

производить перед началом монтажа совместно с представителем поставщика или представителем незaintересованной организации (в зависимости от условий поставки).

При осмотре следует:

а) Проверить состояние упаковки катушек. Плохое качество упаковки отметить в акте приемки.

б) Вскрыть ящики, проверить по накладной (сертификату) число катушек, упакованных в каждом ящике. Тщательно осмотреть каждую катушку и убедиться в отсутствии внешних признаков повреждений, могущих получиться при транспортировке или хранении катушек.

в) Катушки, имеющие незначительные, легко устранимые на месте повреждения, отложить для последующего ремонта.

г) Проверить основные размеры катушек и их соответствие с данными заказа обмоток. Убедиться в совпадении формы лобовых частей и угла отгиба головок у всех катушек данного комплекта.

Испытание изоляции катушек высоким напряжением следует производить согласно существующим нормативам.

На рис. 16 и 17 приведена конструкция непрерывной изоляции статорных обмоток для машин переменного тока напряжением от 550 до 6 300 в, а на рис. 18 и 19 — исполнение изоляции уголков и выводных концов (см. приложение).

г) Приемка катушек заводского изготовления

Приемку катушек заводского изготовления следует

Если при осмотре будет установлено, что катушки подверглись в пути непосредственному воздействию кислот, щелочей, воды, снега или при упаковке их изоляция пробита гвоздями, приемку таких катушек не производить и возможность их исправления на месте должна быть решена вышестоящими организациями.

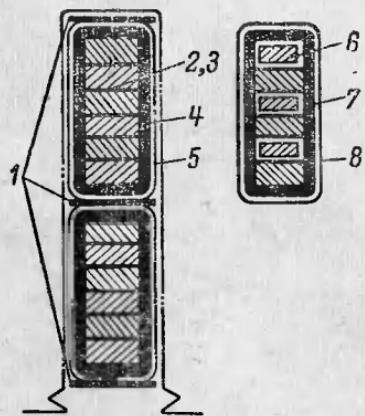


Рис. 16. Конструкция непрерывной изоляции статорных обмоток машин переменного тока нормального исполнения.

1 — прокладка в пазу из электрокартона; 2 — электрокартон (до 3 150 в); 3 — миканитовая прокладка (свыше 3 150 в); 4 — микалента; 5 — тафтиная лента; 6 — тафтиная или стеклолента; 7 — микалента; 8 — хлопчатобумажная лента.

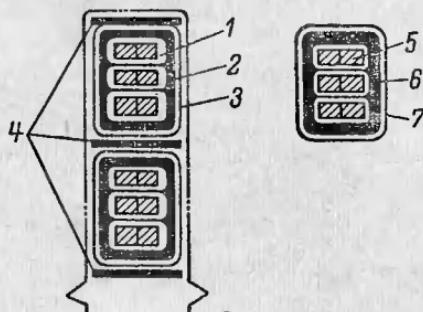


Рис. 17. Конструкция непрерывной изоляции статорных обмоток машин переменного тока усиленного исполнения.

1 — микалента витковой изоляции; 2 — микалента корпусной изоляции; 3 — хлопчатобумажная лента; 4 — электрокартон; 5 — микалента (лобовая часть); 6 — микалента; 7 — хлопчатобумажная лента.

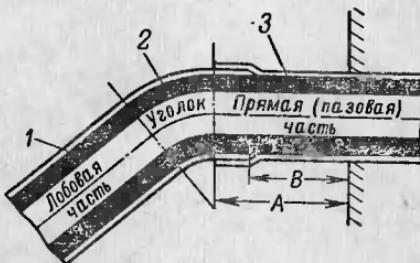


Рис. 18. Изоляция уголков.

1 — хлопчатобумажная или стеклянная лента; 2 — микалента; 3 — хлопчатобумажная лента.

д) Укладка катушек с гильзовой изоляцией

Перед началом укладки обмотки должен быть составлен эскиз и расчет заполнения паза. Исходя из этого эскиза, следует заготовить необходимые прокладки, коробочки и другие детали, необходимые при монтаже обмоток.

Катушки, поступившие от завода-изготовителя или изготовленные на месте ремонта, после их приемки и

испытания должны быть прокалиброваны и скомплектованы. Процесс калибровки заключается в том, что все катушки разбиваются на 3 группы: с номинальными, пониженными и повышенными размерами (в пределах допусков, оговоренных при заказе обмоток). Для удобства калибровки следует изготовить соответствующие шаблоны.

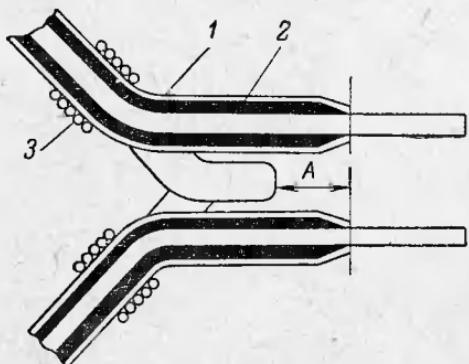


Рис. 19. Изоляция выводных концов.

1 — хлопчатобумажная или стеклолентя; 2 — микалента; 3 — шпагатный бандаж.

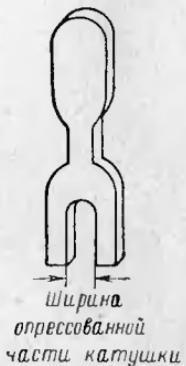


Рис. 20. Вилка для вкладывания обмотки.

Комплектовка катушек преследует цель подобрать катушки таким образом, чтобы в один паз укладывались две стороны катушек с номинальными размерами либо стороны катушки, из которых одна имеет пониженные, а другая повышенные размеры по высоте.

Пазовые части катушек, как правило, имеют наружный защитный слой электроизоляционного материала. Перед укладкой катушек в пазы для облегчения укладки этот защитный слой должен быть протерт парафином.

Начинать укладку следует немного отступя от нижней части расточки, с таким расчетом, чтобы укладка последних замковых катушек пришла бы на нижнюю часть расточки. Сначала в паз закладывается нижняя (лежащая на дне паза) сторона катушки и, когда она дойдет до половины паза, на расстоянии шага обмотки вкладывается ее верхняя сторона. Вкладывание этой стороны производится с помощью деревянных вилок (рис. 20). Эти вилки накладываются на концы гильзы, слегка разворачиваются таким образом, чтобы направить гильзу в паз, затем нижняя сторона осажи-

вается на дно паза, а верхняя занимает надлежащее место в верхнем слое паза.

На первой катушке должна быть точно соблюдена ориентировка пазовой части катушки по отношению к активной стали в соответствии с имеющимся чертежом или заранее составленным эскизом. По этой

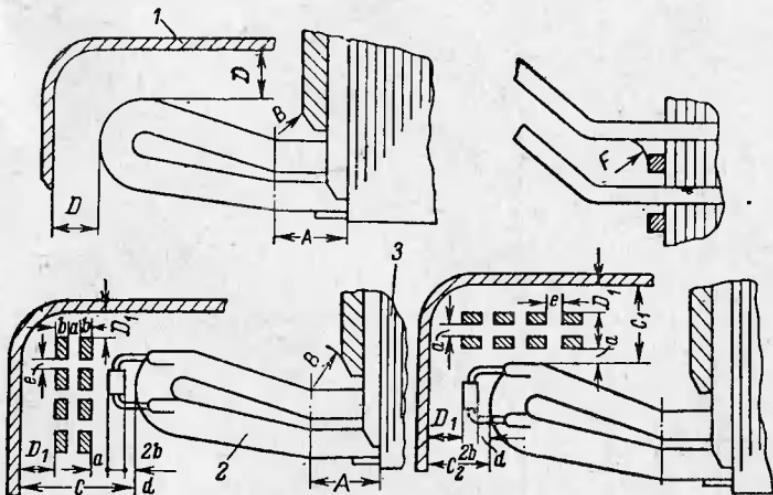


Рис. 21. Изоляционное расстояние для двухслойных обмоток.

1 — щит двигателя; 2 — лобовая часть обмотки; 3 — корпус статора.

первой катушке должен быть изготовлен из толстого электрокартона или жести шаблон, по которому следует контролировать все головки катушек, чтобы они расположились на одном уровне.

По этой же катушке надлежит проверить соблюдение изоляционных расстояний в лобовых частях как от самих катушек, так и от подлежащих последующей установке внутримашинных соединений до активной стали корпуса и крышек.

Допустимые расстояния приведены на рис. 21 и табл. 3.

Таким же образом производится укладка остальных «замковых» катушек в соседние пазы. Число «замковых» катушек равно шагу обмотки.

Следующая после «замковых» катушка своей верхней стороной ляжет на нижнюю сторону первой «замковой»

Таблица 3

Допустимые расстояния в лобовых частях, мм

Напряжение, в	A		B		F		C	C ₁	C ₂	D	D ₁	a	d	l
	Гильзовая изоляция	Компаундированная изоляция	Гильзовая изоляция	Компаундированная изоляция	Гильзовая изоляция	Компаундированная изоляция								
До 525	15	10	10	10	10	$(a+b)n + 2b + d + D_1$				20	15	10	20	5
Свыше 525 до 3 150	45	25	20	25	20					30	20	12	25	5
Свыше 3 150 до 6 300	60	40	25	40	25					40	30	15	25	8
Свыше 6 300 до 10 500	90	60	30	70	35					50	40	20	30	12
Свыше 10 500 до 13 800	—	—	35	—	40					65	55	25	35	15

П р и м е ч а н и я; n—число рядов проводников схемы соединения.

2. Все расстояния приняты от металла до металла.

3. b—размер провода схемы соединения.

катушки. Начиная с этого паза, после установки соответствующих прокладок на дно паза, между сторонами катушек и под клин производится заклиновка пазов по мере укладки в них верхних сторон последующих катушек.

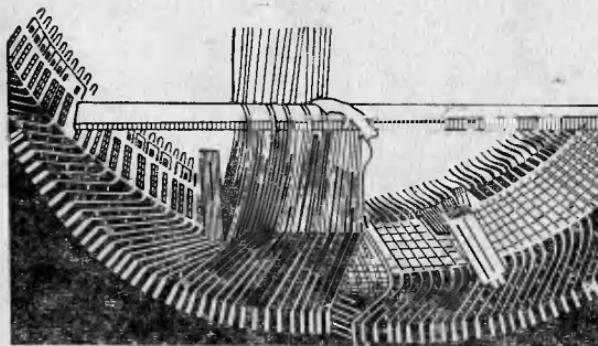


Рис. 22. Статор в процессе укладки обмотки.

Таким образом закладываются остальные катушки, за исключением последних катушек, по числу равных шагу обмотки до подхода к «замковым».

Для укладки оставшихся последних катушек, нижние стороны которых должны лежать на дне пазов под верхними сторонами «замковых», необходимо верхние стороны «замковых катушек» поднять из пазов, оттянуть к центру расточки и подвязать хлопчатобумажной лентой к рейке, закрепленной в расточке. Замковые катушки должны быть оттянуты к центру на высоту, достаточную, чтобы завести и уложить на дно паза последние катушки всей обмотки (рис. 22). Операция по оттягиванию катушек должна производиться с максимальной осторожностью во избежание поломки изоляции катушек. После установки соответствующих прокладок, подвязанные к рейке стороны катушек опускаются и вкладываются в соответствующие пазы, после чего пазы заклиниваются.

В процессе укладки в лобовых частях катушек производится установка и подвязка дистанционирующих (меж-

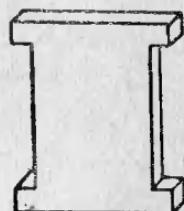


Рис. 23. Прокладки, устанавливаемые в лобовой части катушки.

катушечных) прокладок. Прокладки, вид которых указан на рис. 23, изготавливаются из древесины твердых пород, пропитанной в олифе и надлежащим образом просушенной. Допустимо изготовление прокладок из толстого электрокартона, который необходимо пропитать и просушить подобно деревянным прокладкам.

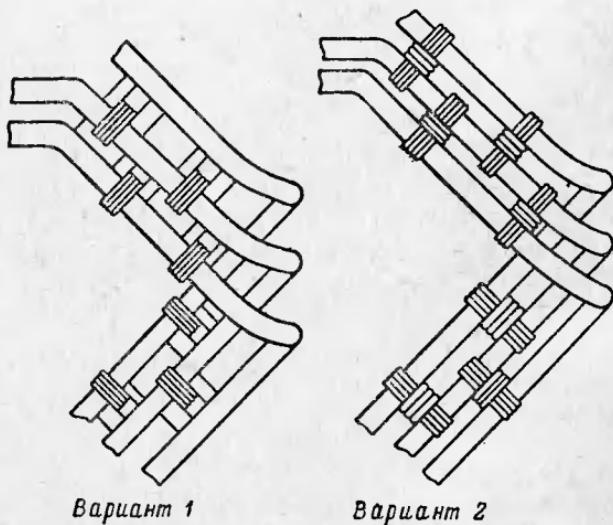


Рис. 24. Установка прокладок в лобовых частях катушек.

Прокладки должны быть плотно подогнаны по месту, устанавливаться через каждые 150—180 мм по длине лобовой части иочно подвязываться 6—8 рядами шпагата толщиной 1—1,5 мм. На рис. 24 указано два варианта установок этих прокладок.

В процессе укладки катушек производится крепление головок лобовых частей к бандажным кольцам. Крепление выполняется шпагатом диаметром 2—2,5 мм в 6—8 рядов. На рис. 25 приведен способ вязки (крепления) лобовых частей к бандажным кольцам.

После укладки катушек и заклиновки пазов до соединения схемы вся обмотка должна быть испытана повышенным напряжением с целью выявления возможных мест повреждения изоляции в процессе укладки. Катушки, используемые в качестве замковых, кроме того, испытываются до заклиновки.

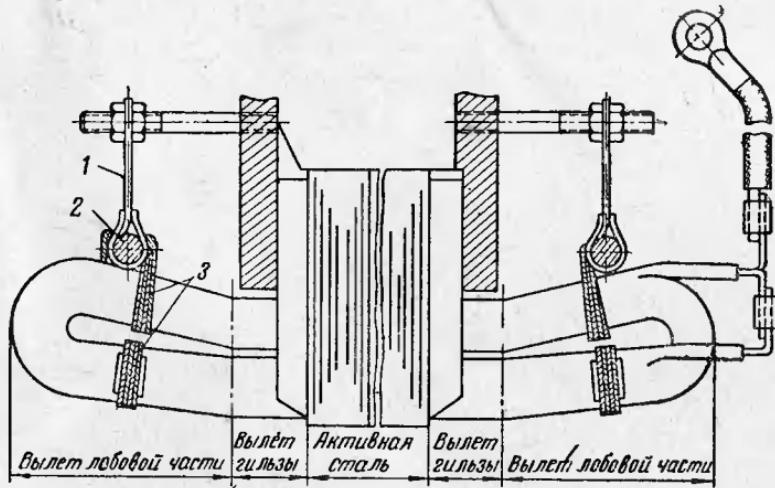


Рис. 25. Крепление головок к бандажному кольцу.
 1 — держатель бандажного кольца; 2 — бандажное кольцо; 3 — шпагатный бандаж.

е) Укладка катушек с непрерывной изоляцией

Монтаж катушек с непрерывной компаундированной изоляцией по технологической последовательности операций в основном не отличается от монтажа катушек с гильзовой изоляцией. Однако ввиду хрупкости холодного компаунда укладку катушек следует производить только при подогреве их до температуры 85—90°С. При указанной температуре изоляция катушек становится достаточно эластичной и безболезненно выдерживает неизбежные при укладке деформации.

Подогрев катушек осуществляется либо в соответствующей нагревательной печи, либо путем пропускания через них тока от генератора или трансформатора напряжением 12—20 в. Величину тока следует отрегулировать таким образом, чтобы требуемая

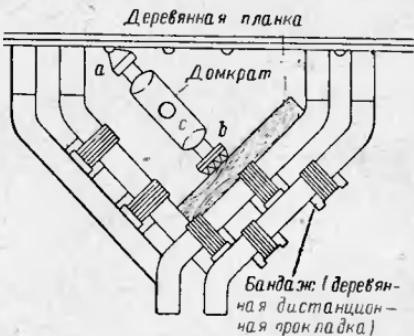


Рис. 26. Выравнивание лобовых частей.

температура достигалась через 20—30 мин. В зависимости от величины сопротивления катушки можно соединять последовательно или параллельно.

Ввиду эластичности изоляции в нагретом состоянии лобовые части катушек можно рихтовать и подтягивать к бандажным кольцам с помощью специальных домкратов (см. рис. 26).

ж) Крепление обмоток

Крепление обмотки в пазовой части вне зависимости от вида обмотки производится пазовыми клиньями.

Крепление лобовых частей двухслойных обмоток производится путем вязки их к бандажным кольцам. Дополнительным креплением является установка деревянных или текстолитовых распорок между катушками при выходе катушек из паза. Установка прокладок между лобовыми дугами соседних катушек, имеющая основное назначение фиксировать между собой лобовые дуги, также создает дополнительную жесткость всей обмотки.

Рекомендации по креплению обмотки:

Установка пазовых клиньев. Материалом для пазовых клиньев являются текстолит, гетинакс и дерево. По своим механическим качествам, неподверженности усыханию и низкой гигроскопичности текстолит и гетинакс отвечают всем требованиям, предъявляемым к таким клиньям.

Однако высокая стоимость как текстолита, так и гетинакса, а также трудность обработки ограничивают их применение. Тем не менее для клиньев толщиной 4—5 мм применение текстолита или гетинакса является почти неизбежным, так как в этих случаях тонкие клинья из дерева являются недостаточно прочными.

Деревянные клинья изготавливаются в основном из бука, березы или клена. Влажность древесины не должна превышать 10—12 %. Для придания дереву повышенных электроизоляционных свойств и для замедления процесса поглощения влаги клинья должны пропитываться в натуральной олифе или в льняном масле.

Для пропитки клинья погружаются в бачок, заполненный олифой или льняным маслом на высоту 20—30 мм выше уровня заложенных деталей, нагревают бачок до 105—110° С и при такой температуре пропитку

проводят в течение 2—3 ч. Качество пропитки контролируется по виду излома детали, и если при этом все клинья по сечению не будут заполнены маслом, время пропитки следует продлить. По окончании пропитки бачок охлаждают, не вынимая из него клиньев. По охлаждении клинья выгружают на металлическую или де-

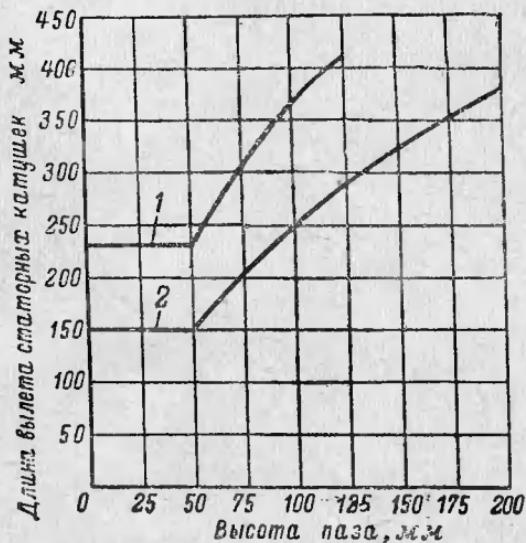


Рис. 27. Выбор крепления лобовых частей обмотки.

1 — асинхронный двигатель с контактными колышами; 2 — синхронный и асинхронный двигатели с короткозамкнутым ротором.

ревянную решетку, подсушивают в печи, а их поверхность покрывают покровным изоляционным лаком,

Форма клина должна точно соответствовать форме ласточкини хвоста паза активной стали.

Забиваются клинья в пазы статора ударами деревянного молота (киянки) с одной или двух сторон машины — в зависимости от длины паза. При длинных пазах статора клинья набираются из отрезков длиной 100—150 мм каждый.

Установка бандажных колец. Установленные бандажные кольца, их число, размеры и способ крепления должны быть проверены с точки зрения соответствия режиму и условиям работы электродвигателя.

Необходимо учитывать, что у некоторых старых типов электродвигателей, рассчитанных на пуск при пониженном напряжении, крепление может оказаться недостаточным при переходе на прямые частные пуски.

Необходимость установки бандажных колец, а также количество колец определяются из кривой (рис. 27) по величине вылета лобовых частей и высоте паза. Если

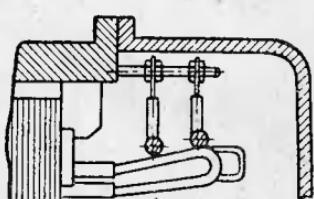
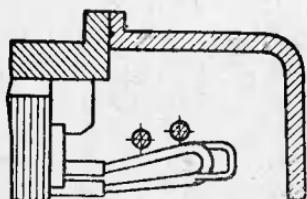
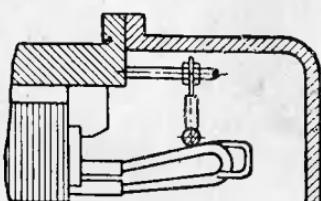
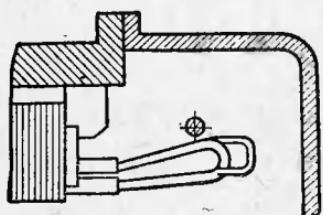


Рис. 28. Свободное положение бандажных колец.

Рис. 29. Крепление бандажных колец держателями.

размеры вылета, соответствующие данной высоте паза, лежат ниже кривой, бандажные кольца можно не устанавливать. Если же это значение будет лежать на кривой или несколько выше, то в этом случае требуется установка только одного кольца. Дополнительные кольца устанавливаются на каждые 100 мм вылета выше значений, лежащих на кривой при данной высоте паза.

В качестве материала для колец применяется сталь марок Ст. 2 и Ст. 3. Бандажные кольца должны отстоять от торца активной стали на расстояние $b \geq 12\delta^2$, где δ — величина воздушного зазора, см.

Рекомендуется применять кольца квадратного сечения со сторонами 19, 22 и 32 мм или, если $D_{внутр} < 850$ мм — круглые, диаметром 10 мм. Бандажные кольца могут быть свободные (рис. 28) или крепиться с помощью держателя (рис. 29). Свободное положение бандажных

кольцо применяется для машин с $D_{\text{внутр}} < 850$ мм при легких условиях работы и нечастых пусках.

При $D_{\text{внутр}} > 850$ мм вне зависимости от условий пуска кольца следует крепить к станине.

3) Установка распорок между катушками

Распорки между катушками при выходе из паза являются дополнительным видом крепления обмотки и применяются в электродвигателях, где кратность пускового тока в 5,5—8 раз превышает номинальный ток.

Материал распорок — текстолит или дерево твердых пород, хорошо просушенное и пропитанное в льняном масле или олифе. Распорки достигают своей цели только при точной подгонке их по месту и прочной подвязке их к катушкам 8—10 слоями кручёного шпагата диаметром 1,5—2,0 мм.

3. ПАЙКА И ИЗОЛИРОВКА ВНУТРИМАШИННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

При ремонте электродвигателей пайке, изолировке и монтажу внутримашинных соединений следует уделить достаточное внимание. Известны многочисленные случаи тяжелых аварий машин из-за распайки соединений.

Дать какие-либо исчерпывающие рекомендации по способам пайки и особенно по креплению внутримашинных соединений не представляется возможным из-за многообразия способов и систем их исполнения.

До последнего времени пайка соединений в крупных электрических машинах выполнялась мягкими, легко-плавкими оловянными припоями с предварительной полудой спаиваемых концов. В настоящее время наряду с этим применяется пайка и твердыми тугоплавкими припоями с повышенной механической прочностью — серебряными и медно-фосфористыми.

а) Виды соединений при пайке

Одним из видов соединения при пайке мягким припоеем является соединение встык с помощью медных хомутиков (рис. 30).

Для хорошей пропайки хомутик должен быть правильной формы, проложен и плотно, с минимальным зазором (0,1—0,3 мм), без какого-либо перекоса охва-

тывать соединяемые провода. Сечение хомутика должно составлять не менее 75% сечения провода, а его длина, в зависимости от размеров проводов, — от 20 до 50 мм.

Хомутики должны быть замкнутой формы, как это

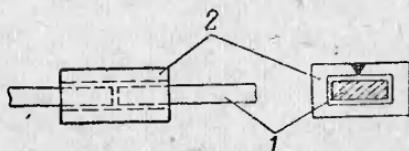


Рис. 30. Соединение встык.
1 — соединяемые провода; 2 — хомутик



Рис. 32. Соединение внахлестку.

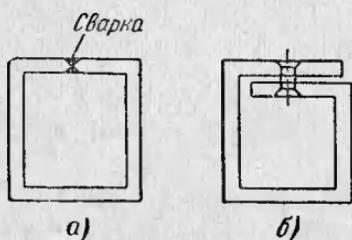


Рис. 31. Соединительные хомутики.
а — сваренный хомутик; б — хомутик заклепанный.

маеет больше места, чем соединение встык, поэтому не всегда бывает выполнимым.

В крупных машинах при массивных проводах для большей плотности соединения применяется расклиновка проводов в хомутике, что делает соединение более надежным. При пайке твердыми припоями надобность в соединительных хомутиках отпадает.

Применяются три способа соединения концов проводов твердыми припоями (рис. 33):

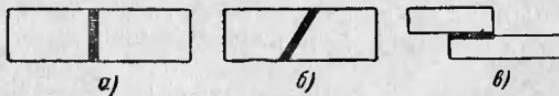


Рис. 33. Соединение концов проводов при пайке твердым припоеем.

- а) соединение встык;
- б) соединение вус;
- в) соединение внахлестку.

Соединения *а*) и *б*) не увеличивают поперечного сечения провода в месте спая и применимы для проводов как прямоугольного, так и круглого сечения. Соединение *в*) является более надежным, чем соединение *а*) и *б*), но имеет при пайке твердыми припоями ограниченное применение из-за увеличенных размеров по сравнению с другими видами соединений.

6) Пайка мягкими припоями

Технологический процесс пайки состоит из следующих операций: механической или химической очистки мест паек; нагрева мест паек; покрытия паек флюсом; предварительного облучивания мест паек; скрепления проводов соединительными хомутиками; ввода припоя и его расплавления, удаления излишков припоя и остатков флюса.

Механическая очистка спаиваемых поверхностей от жиров, окиси и др. производится напильником или шабером.

При опиловке необходимо учитывать, что промежуток между двумя спаиваемыми поверхностями должен быть везде одинаковым и составлять 0,1—0,3 мм. Такой небольшой промежуток необходим для образования капиллярных сил, которые способствуют засасыванию припоя.

В процессе пайки для защиты от окисления применяются химические вещества — флюсы (канифоль, воск, вазелин). Наибольшее распространение имеет канифоль, которая совершенно не соединяется с медью и не выделяет паров, разъедающих изоляцию проводников. Канифоль в качестве флюса применяют при паянии и лужении оловянно-свинцовым припоем токоведущих частей электрических машин (выводов, стержней, схемных соединений и т. п.) в сухом виде или в виде раствора в бензине или спирте в пропорции 1 : 1 (по весу). Места спайки должны быть предварительно облучены, чем достигается повышенная прочность спая.

При выборе оловянно-свинцовых припоеv следует учесть, что механическая прочность, электрическое сопротивление и коррозийная стойкость соединений при применении припоеv ПОС-60, ПОС-40 и ПОС-30 практически одинакова и мало зависит от содержания олова. При выборе марки припоя следует руководствовать

ся не указанными свойствами сплава, а степенью жидкотекучести припоя, которая пропорциональна количеству содержания олова. Поэтому спайка глубоких и узких щелей требует применения припоя с более высоким содержанием олова, т. е. ПОС-40, а в отдельных случаях и ПОС-60. В местах соединений, представляющих собой широкие щели или узлы соединений с простым наложением спаиваемых концов, применяется припой ПОС-30. Применение в данном случае высокооливнистых припоеев является неоправданным, ибо в процессе пайки при больших щелях припой будет вытекать из мест соединения. Точка плавления у всех перечисленных припоеев составляет 183°С.

Иногда под действием нормально нагретого паяльника припой не проникает в шов. Возможные причины этого заключаются в следующем:

1. Пригонка шва сделана настолько плотно (зазор менее 0,1 мм), что припой не может туда проникнуть. В таких случаях необходимо увеличить зазор между спаиваемыми поверхностями.

2. Соприкасающиеся поверхности шва загрязнены, и в этом случае необходимо повторить операцию по очистке и покрытию флюсом.

3. Слишком быстро во время пайки проводят паяльником по шву, вследствие чего место спая не успевает нагреться и припой быстро затвердевает.

Необходимо в процессе пайки проводить паяльником по шву медленно, с таким расчетом, чтобы припой на шве около паяльника в течение некоторого времени был бы в расплавленном состоянии.

4. Вследствие неудачного расположения шва припой не может затекать в него. Следует расположение шва изменить.

в) Лужение мягкими припоями

Лужение представляет собой процесс покрытия металлических поверхностей тонким слоем полуды. Как правило, для лужения применяются припой марок ПОС-30 или ПОС-18.

Технологический процесс лужения состоит из нескольких операций:

1) механической очистки мест, подвергающихся лужению, обезжиривания их в бензине или в водном рас-

творе с содой или едкого натра с последующей промывкой в проточной воде;

2) химической очистки от окислов, покрытия флюсами или погружения в раствор флюса;

3) подогрева до температуры плавления полуды.

Самый распространенный способ лужения — это погружение в расплавленный припой (полуду) концов катушек обмотки или других деталей, подлежащих лужению, откуда после небольшой выдержки времени их вынимают и охлаждают. При лужении температура ванны не должна превышать 210—220° С.

При лужении в ванне с расплавленной полудой поверхность последней быстро окисляется кислородом воздуха, особенно в связи с наличием паров флюса, находящихся на поверхности погруженных в ванну концов катушек. Вследствие этого на поверхности жидкого металла образуется значительное количество гари, связанное с окислением полуды, которое может доходить до 30 %. Для предупреждения окисления расплавленный металл в ванне засыпается толченым коксом, древесным углем или измельченным асбестом.

г) Пайка твердыми припоями

Пайка твердыми припоями применяется для обмоток с теплостойкой изоляцией, где мягкий припой с низкой температурой размягчения не позволил бы эффективно использовать указанное свойство изоляции.

Кроме того, соединение твердым припоеем значительно превосходит по механическим качествам соединение с мягким припоеем и при хорошо выполненной пайке не уступает прочности меди в неспаянном месте.

При ремонте электродвигателей применяются серебряные припои марок ПСР-70, ПСР-45, а несколько реже ПСР-15. Электропроводность этих припоеев приближается к электропроводности меди. Однако в связи с высокой стоимостью припоеев, содержащих серебро, за последнее время широкое применение нашли твердые медно-фосфористые припои (преимущественно марки ПМФ-7). Этот припой, будучи значительно дешевле серебряных, почти не уступает им по прочности и электропроводности. Однако пластичные качества этого припоя несколько хуже, чем у серебряных. Поэтому противопо-

казано применение медно-фосфористых припоев в соединениях, испытывающих знакопеременную изгибающую или ударную нагрузки.

В качестве флюса применяется состав, состоящий из 50% буры, 35% борной кислоты и 15% фтористого калия. Применяется флюс в виде порошка или густой пасты, замешанной на воде. Следует отметить, что при хорошо

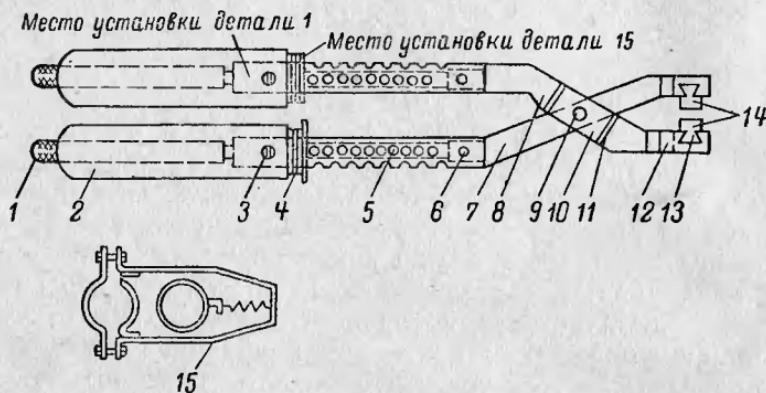


Рис. 34. Щипцы для пайки проводников.

1 — провод; 2 — ручка; 3 — винт; 4 — медный бандаж; 5 — теплоотводящая трубка; 6 — медная заклепка; 7—8 — губки; 9 — фасонная ось; 10 — фасонная шайба; 11 — прокладка; 12 — опорная пластина; 13 — медный клин; 14 — угольный электрод; 15 — пружина.

зачищенных поверхностях пайка припоями ПСР-15 и ПМФ-7 дает вполне удовлетворительные результаты даже без применения флюсов.

Так как температура плавления серебряных и медно-фосфористых припоев выше 700°С, то паяльники, применяемые для пайки мягких припоев с подогревом спиральями, а также электродуговым нагревом непригодны.

Для пайки твердыми припоями применяются два вида подогрева: контактным способом по методу сопротивления и газовым пламенем.

При контактном способе пайки применяются специальные электропаяльные щипцы с угольными электродами, питаемыми от сети низкого напряжения (рис. 34).

Между спаиваемыми деталями закладываются пластиинки припоя, и при прогреве током эти детали сжимаются угольными электродами щипцов. Процесс нагревания проходит весьма интенсивно и так быстро, что близлежащая к месту спая изоляция не успевает перегреться и подгореть.

Пайка контактным способом для медно-фосфористого припоя практически является единственным надежным способом, так как пайка газовым пламенем не всегда обеспечивает хорошее и надежное соединение.

Для серебряных припоев пайка газовым пламенем весьма распространена.

При пайке этим способом соединяемые детали предварительно очищаются, запиливаются таким образом, чтобы обеспечивалось взаимное прилегание их друг к другу, и зажимаются в соответствующих зажимах для предотвращения их перемещения в процессе пайки. Место спая подогревается пламенем газовой горелки до 700°C , что соответствует температуре красного свечения меди. Во время пайки эту температуру необходимо поддерживать неизменной, так как превышение ее влечет за собой перегрев и пережог меди.

При разогреве спаиваемых проводов следует пруток припоя подвести к стыку проводов и держать до тех пор, пока припой не расплавится и не заполнит весь стык между спаиваемыми поверхностями. Припой должен плавиться только от его прикосновения к нагреваемым проводам, а не от пламени горелки.

д) Изолировка паяк

При укладке и закреплении внутримашинных (межкатушечных и межгрупповых соединений), а также выводных концов обмотки следует выдерживать изоляционные расстояния. Исполнение изоляции соединений и выводов как для машин нормального исполнения, так и для ответственных крупных машин с усиленной изоляцией приведено в табл. 4.

е) Проверка качества паяк

Качество паяк проверяется: внешним осмотром, измерением величины омического сопротивления, проверкой нагревания при пропускании через них тока, ультразвуковым методом.

Таблица 4

Изоляция соединений и выводов

Номинальное напряжение машины, в	Межкатушечные соединения			Межгрупповые соединения и соединение параллельных ветвей			Выводы обмотки		
	Микалента 0,17 мм	Лакоткань 0,2 мм	Киперная лента 0,2 мм	Микалента 0,17 мм	Лакоткань 0,2 мм	Киперная лента 0,2 мм	Микалента 0,17 мм	Лакоткань 0,2 мм	Киперная лента 0,2 мм
Номинальное напряжение машины, в	Микалента 0,17 мм	Лакоткань 0,2 мм	Киперная лента 0,2 мм	Микалента 0,17 мм	Лакоткань 0,2 мм	Киперная лента 0,2 мм	Микалента 0,17 мм	Лакоткань 0,2 мм	Киперная лента 0,2 мм

Число слоев
Нормальное исполнение

2 000—3 000	2	1	1	3	1	1	3	2	1
6 000—6 600	3	2	1	4	2	1	5	3	1
10 000—11 000	5	4	1	6	4	1	8	5	1
13 000—14 000	7	4	1	8	4	1	10	5	1

Усиленное исполнение

2 000—3 000	3	1	1	4	1	1	4	2	1
6 000—6 600	3	3	1	4	3	1	5	4	1
10 000—11 000	5	5	1	6	5	1	8	6	1
13 000—14 000	8	5	1	9	5	1	11	6	1

Приложения: 1. Данные относятся к машинам с классом изоляции В. При исполнении изоляции по классу А микалента заменяется тем же количеством слоев лакоткани.

2. Допускается замена киперной ленты стеклолентой.

3. Киперную ленту и стеклоленту предварительно пропитать в лаке № 447 о слабого отлива.

Внешний осмотр не является исчерпывающим способом для оценки качества пайки, так как при этом способе могут быть обнаружены только явно плохие пайки. Для осмотра пайки, которую нельзя видеть непосредственно, рекомендуется пользоваться зеркальцем. Все загрязнения и углубления на поверхности паяк следует проверить иголкой или тонкой проволочкой, чтобы убедиться, является ли этот дефект наружным или отверстие проходит через всю пайку. Рекомендуется разрушить 2—3 пайки и проверить монолитность пайки, отсутствие пережогов и плотность прилегания хомутика к соединяемым проводам.

Измерение величины омического сопротивления для проверки паяк основано на замерах величины переход-

ного сопротивления соединяемых проводов. Эти замеры производятся по методу амперметра-милливольтметра и другими методами, указанными в § 5.

При одной и той же величине тока, проходящего через пайки, замеряется величина падения напряжения в пайке.

При хороших пайках сопротивление практически одинаково и показания милливольтметра будут почти одинаковыми для всех паяк (с отклонением $\pm 10\%$ от средней величины). Резкое повышение показаний милливольтметра будет свидетельствовать о неудовлетворительной пайке.

Проверка нагревания паяк производится при пропускании через пайки тока величиной, близкой к номинальной в течение 10—15 мин, или полторным током в течение 5 мин. Хорошо выполненные пайки нагреваются практически одинаково. Недостаточно пропаянное соединение, имеющее по сравнению с другими повышенное сопротивление, нагревается больше, что и обнаруживается термометрами, термопарами, термокрасками или на ощупь. При продолжительном прохождении тока дефектные пайки разогреваются до такой степени, что припой из них начинает вытекать и пайки распаиваются.

Ультразвуковой контроль является весьма эффективным методом. Применяется этот метод для проверки больших массивных паяк крупных машин. При ультразвуковом контроле пайка зажимается клеммами, на губках которых закреплены два щупа с пьезоэлектрическими пластинками. Один из этих щупов является излучателем ультразвуковых колебаний частотой 0,5 Мгц. Эти излучения проходят через пайку и вызывают в пластинке второго приемного щупа электрические колебания.

Электродвижущая сила пластинки замеряется ламповым вольтметром. При прохождении ультразвуковых волн через непропаянное место повышается их рассеивание и тем самым понижается э. д. с. пластинки приемного щупа.

Оценка степени монолитности пайки производится при сравнении с эталоном, представляющим собой кусок медной шины, обработанной по форме и размерам пайки.

4. СУШКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

После ремонта, связанного с заменой или переизоляцией обмоток, следует определить необходимость сушки машины. Естественно, что сушка без надобности влечет за собой задержку ввода машины в эксплуатацию, бесцельную трату электроэнергии и другие непроизводительные затраты. В то же время включение под нагрузку, а также испытание повышенным напряжением машин с увлажненной изоляцией совершенно недопустимо из-за возможности повреждения (пробоя) изоляции. Оценка степени увлажненности высоковольтных машин переменного тока производится по замерам величин сопротивления изоляции и коэффициента абсорбции.

а) Измерение сопротивления изоляции

Измерение сопротивления изоляции для электродвигателей напряжением до 500 в включительно производится мегомметром напряжением 500—1 000 в. Для машин напряжением 3 000 в и выше применяется мегомметр напряжением 2 500 в. Для устранения остаточных зарядов перед каждым замером необходимо заземлить обмотки не менее чем на 2 мин. Показания мегомметра отсчитываются через 60 сек после достижения полного числа оборотов, указанного для данного прибора. Измеряется сопротивление изоляции каждой фазы относительно корпуса и между фазами.

б) Определение коэффициента абсорбции

Коэффициент абсорбции K_{ab} равен отношению $R_{60''}/R_{15''}$,

где $R_{60''}$ — значение сопротивления изоляции, отсчитанное через 60 сек после достижения мегомметром полного числа оборотов;

$R_{15''}$ — значение сопротивления изоляции, отсчитанное через 15 сек после достижения мегомметром полного числа оборотов.

Коэффициент абсорбции может быть измерен с достаточной точностью только при применении мегомметра

ра на 2500 в. Поэтому значение коэффициента абсорбции является показательным только для обмоток машин, допускающих применение такого мегомметра.

в) Оценка степени увлажненности изоляции

В случае отсутствия повышенной увлажненности обмоток высокого напряжения машины могут быть подвергнуты испытанию высоким напряжением и включены под нагрузку. При этом должно быть:

1) Сопротивление изоляции обмоток не ниже 1 Мом на 1 кв номинального напряжения при температуре 75°С. Более точно минимальное допустимое сопротивление изоляции определяется по формуле

$$R = \frac{U}{1000 + 0,01P}, \text{ мом.}$$

где U — номинальное напряжение машин, в;

P — номинальная мощность машин, ква.

2) Величина коэффициента абсорбции не ниже 1,3.

Сушка электрических машин может производиться следующими методами: потерями в активной стали, воздуходувками, в сушильной печи, постоянным и переменным токами от постороннего источника тока.

Выбор метода сушки определяется производственными условиями и особенностями ремонтируемых машин.

г) Подготовка к сушке

Место, время и способ сушки должны быть согласованы с местными органами противопожарного надзора. Обеспечению противопожарной безопасности следует уделить особое внимание. Место сушки должно быть огорожено и вывешены предупредительные плакаты. Выполнение персоналом, производящим сушку машины, всех правил техники безопасности является обязательным.

Помещение, где находится машина, подлежащая ремонту, должно быть очищено от грязи, а сама машина предварительно продута сжатым воздухом.

При сушке машины в неподвижном состоянии ее необходимо утеплить, заключив в тепляк или накрыв на-

весом из асбестового полотна. Тепляк можно выполнить из разборных щитов, скрепив их между собой при помощи откидных крючков или гвоздями. Все неплотности в стыках между щитами следует заделать асбестом. Щиты изготавливаются из фанеры, внутренняя сторона их обшивается листовым асбестом толщиной 4—5 мм, а наружная — кровельным железом. В стенках тепляка должны быть предусмотрены отверстия для установки термометров, для вывода проводов от термопар и для проводов к мегомметру для измерения сопротивления изоляции в процессе сушки. Между стенками тепляка и машиной следует оставить промежуток для прохода воздуха не менее 200 мм. Для обеспечения вентиляции в тепляке должны быть предусмотрены отверстия: входное в нижней части тепляка и выходное в крышке тепляка (с противоположной стороны) с заслонкой для регулировки количества выходящего воздуха.

Для измерения температуры во время сушки устанавливаются термометры или термопары как на активной стали, так и в лобовых частях обмотки в верхней и нижней частях с обеих сторон машины. При сушке крупных электрических машин большой мощности — от 2500 квт и выше требуется обеспечить дистанционное наблюдение за температурой с помощью термопар или термометров сопротивления и гальванометров.

Для измерения сопротивления изоляции обмоток в процессе сушки применяется мегомметр: для статоров машин высокого напряжения — на 1000—2500 в, для роторов всех машин и статоров низкого напряжения машин — на 500 в. Если на статоре или роторе находится несколько обмоток, следует измерять сопротивление изоляции каждой обмотки в отдельности.

д) Сушка потерями в стали

Сушка электрических машин потерями в стали является в настоящее время одним из наиболее распространенных методов. Сушка производится при создании в спинке активной стали индукции в пределах $B = -8\ 000$ гс при частоте переменного тока 50 гц.

Схема наложения намагничающей обмотки на активную сталь статора аналогична тому, как это было

указано в разделе при описании способа проверки активной стали на отсутствие местных перегревов (наложение контрольной обмотки при этом является необязательным). Однако, учитывая, что указанная проверка проводится при индукции в 10 000 Гс, а для сушки требуется индукция 8 000 Гс, число витков намагничивающей обмотки в этом случае определяется формулой

$$w_1 = \frac{56U_1}{Q}$$

(обозначения аналогичны приведенным на стр. 11).

При определении величины тока, потребляемого намагничивающей обмоткой, следует принимать значения удельных ампер-витков:

а) для повышеннолегированной и высоколегированной сталей марок Э3 и Э4-1,7 до 2,0 ав/см;

б) для слаболегированной и среднелегированной сталей марок Э1 и Э2-3,4 до 4,0 ав/см.

Перед началом сушки намагничивающую обмотку следует включить на 10—15 мин, затем отключить, снять тепляк и тщательно осмотреть расточку, проверить ее на ощупь на отсутствие местных перегревов. У машин с закрытыми и полузакрытыми пазами особенно тщательно следует проверить отсутствие перегревов в мостиках и усиках зубцов.

Необходимо сравнить соответствие расчетной и фактической величин тока намагничивающей обмотки и при расхождении, превышающем 15—20%, увеличить или уменьшить число витков, после этого включить обмотку и приступить к сушке. В случае, если будут выявлены участки с повышенным нагревом, следует установить на них термометры или термопары и вести за ними усиленное наблюдение. Нельзя допускать нагрева отдельных участков выше 115°С. Сушку следует вести при температуре 100—105°С по показаниям термометров, установленных для измерения температуры нагрева стали и лобовых частей обмоток в верхней части статора. Неравномерность температуры нагрева машины в процессе сушки, определяемая по термометрам или термопарам, установленным в разных зонах, не должна быть более 15—20°С. Если разность температуры выше указанной, нижнюю часть статора следует дополнителью утеплить

листовым асбестом. Для крупных машин с развитыми лобовыми частями рекомендуется применить дополнительный подогрев лобовых частей с обеих сторон статора, например с помощью ламп накаливания. Во время сушки регулировка температуры нагрева производится открытием задвижки на выходе воздуха в верхней части тепляка. Если температура нагрева не достигает требуемой величины, следует уменьшить число витков намагничивающей обмотки.

е) Сушка воздуходувками

Сушка воздуходувками может быть применена ко всем видам электрических машин. При больших размерах машин для более равномерного нагрева во время сушки применяются две воздуходувки, установленные с разных сторон машины.

Мощность нагревательных элементов воздуходувки для обеспечения нагрева воздуха до 120—125° С при температуре окружающего воздуха 20° С можно определить по приближенной формуле $P = v(3,0 \div 3,2) \text{ квт}$, где v — объем тепляка, м^3 .

Производительность воздуходувки должна обеспечить примерно двойной обмен воздуха в сушильной камере тепляка в 1 мин. Для предохранения от попадания в воздуходувку посторонних предметов входное отверстие следует защитить мелкой металлической сеткой. На выходном отверстии воздуходувки устанавливается искрогасительная решетка, представляющая собой мелкую медную сетку.

Перед сушкой следует установить термометры дополнительно к тем термометрам, которые установлены непосредственно на самой машине:

1) на входной трубе, для замера температуры входящего в тепляк воздуха (120—125° С);

2) в крышке тепляка, для замера температуры выходящего из тепляка воздуха (105—110° С).

У входного отверстия тепляка устанавливается экран из листовой стали толщиной 3 мм, чтобы струя горячего воздуха при входе в тепляк не была направлена непосредственно на обмотку.

Температура нагрева регулируется с помощью заслонки, установленной у входного отверстия воздухо-

дувки, либо переключением нагревательных элементов. Дежурным по сушке необходимо следить за тем, чтобы нагревательные элементы воздуходувки работали нормально, без чрезмерного накала. В случае, если будет обнаружено, что отдельные нагревательные элементы искрят или перегреваются, воздуходувку следует немедленно отключить, перекрыть заслонку на входе воздуха в тепляк и устранить обнаруженные неисправности. Воздуходувку также следует отключить, если будет обнаружено, что нагревательные элементы перегорели и подогрев воздуха не происходит. При включении воздуходувки следует сначала включить вентилятор и вслед за ним нагревательные элементы. Отключение воздуходувки производится в обратном порядке — сначала отключить нагревательные элементы, затем остановить вентилятор.

Сушка проводится при температуре стали и обмотки 100—105° С.

По окончании сушки следует прекратить подачу горячего воздуха в тепляк и дать машине постепенно остывть до температуры 35—40° С.

ж) Сушка в печи

Сушка в печи с электрическим или паровым подогревом применима для электрических машин всех типов. Перед сушкой необходимо тщательно очистить внутреннее помещение печи, удалить все посторонние предметы, проверить плотность закрывания печных дверок, опробовать действие вентиляции и выключателей.

В печи нужно расположить несколько термопар на разной высоте и включить печь на пробный нагрев. При достижении температуры 50—60° С убедиться в равномерности нагрева всего объема печи, затем установить электрическую машину в печь. Установить термопары на лобовых частях машины. Контактные провода термопар вывести за пределы печи для дистанционного контроля за температурой нагрева. Сушку вести при температуре 100—105° С. Температура сушки регулируется открытием вентиляционного отверстия (при естественной вентиляции) или периодическим включением вытяжного вентилятора,

3) Сушка постоянным током от постороннего источника

Сушка постоянным током рекомендуется для асинхронных машин как в собранном виде, так и в отдельности статора и ротора. В качестве источника постоянного тока рекомендуется использовать отдельный двигатель-генератор с регулировкой напряжения. Регулировочный реостат и рубильник либо кнопки дистанционного управления для отключения двигателя устанавливаются вблизи машины.

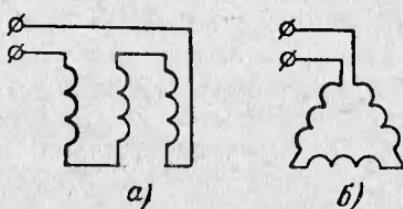


Рис. 35. Подключение обмотки для сушки при выведенных начальниках и концах фаз.

a — для соединения фаз «в звезду»;
b — для соединения фаз «в треугольнике».

бы температура не превышала 95—100°С при измерениях термопарами или термометрами или 100—105°С при измерении температуры по методу сопротивления. В последнем случае средняя температура обмоток рассчитывается по формуле

$$t_2 = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + t_1) + t_1,$$

где R_1 — сопротивление постоянному току при температуре t_1 (в холодном состоянии);

R_2 — сопротивление постоянному току при температуре t_2 (нагретой обмотки).

Сопротивления R_1 и R_2 измеряются методом вольтметра-амперметра. За действительные значения температур принимаются температуры, измеренные по методу, который дает большие значения.

При сушке асинхронных машин в собранном виде обмотки всех трех фаз статора включаются последовательно (рис. 35).

В том случае, если концы фаз не выведены на доску зажимов и нельзя включить фазы последовательно, сушка производится при соединении по схеме, приведенной на рис. 36.

При этом надлежит фазы переключать каждый час, чтобы обмотка нагревалась равномерно. Термопары устанавливаются в лобовых частях наиболее нагретой фазы.

Обмотка ротора при таком способе сушки обычно высыхает одновременно с обмоткой статора.

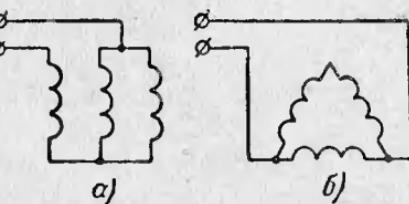


Рис. 36. Подключение обмотки для сушки при невыведенных концах фаз.
а — для соединения фаз «в звезду»;
б — для соединения фаз «в треугольник».

и) Сушка переменным током от постороннего источника

Сушка переменным током рекомендуется для асинхронных двигателей в собранном или разобранном виде.

Величина напряжения, при которой ток статора достигает значения номинального тока, ориентировочно составляет 15—20% номинального напряжения машины.

Для сушки асинхронного двигателя следует затормозить ротор, соединить его с пусковым реостатом, полностью введенным, и присоединить статор к сети через понижающий трансформатор. В одну фазу следует включить амперметр. Постепенно выводить сопротивление пускового реостата и замкнуть его накоротко. При этом, если ток статора превысит значение 0,75—0,8 номинального тока, необходимо уменьшить напряжение на обмотке статора.

Во время сушки нужно следить за нагреванием бандажей ротора, так как они могут перегреться и распаяться. При нагреве бандажей выше 95°C необходимо уменьшить напряжение или выключить его на некоторое время.

Температура измеряется термометрами или термопарами, установленными на лобовых частях обмоток, стали статора и на бандажах ротора.

При сушке статора с вынутым ротором фазы обмотки, в зависимости от имеющегося на месте сушки того или иного напряжения, можно соединить в звезду, в треугольник или как указано на рис. 36.

5. ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ РЕМОНТА

Каждый электродвигатель должен подвергаться:

- 1) приемным испытаниям (проводятся до ремонта для определения объема и характера предстоящих работ);
- 2) пооперационным испытаниям (проводятся в процессе ремонта для проверки правильности выполняемых технологических операций);
- 3) сдаточным испытаниям (проводятся по окончании ремонта для проверки качества выполненных работ, а также для проверки параметров электродвигателя после произведенного ремонта).

В зависимости от вида электродвигателя (с контактными кольцами или короткозамкнутым ротором, одно- или многоскоростной), а также характера выполненного ремонта (с сохранением или изменением мощности, скорости вращения, напряжения и др.) определяется объем испытаний.

Общие указания и методика испытаний даются в ГОСТ 183-55 и ГОСТ 721-54 и в настоящей брошюре не рассматриваются. Ниже в краткой форме приводятся указания только по выполняемым в процессе ремонта пооперационным испытаниям. Эти испытания включают в себя:

- а) измерение сопротивления изоляции обмоток;
- б) измерение сопротивления обмоток постоянному току;
- в) испытание электрической прочности изоляции обмоток.

а) Измерение сопротивления изоляции обмоток

При замере сопротивления изоляции мегомметром следует руководствоваться указаниями, данными в § 4, где приведены также допустимые сопротивления изоляции. При отсутствии мегомметра сопротивление изоля-

ции может быть замерено при помощи вольтметра при питании обмоток от аккумуляторной батареи. На рис. 37 приведена схема измерения величины сопротивления

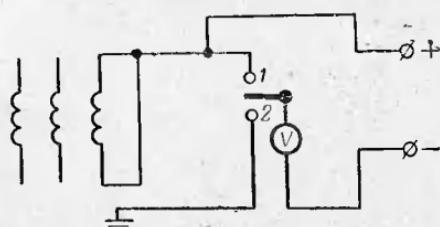


Рис. 37. Схема измерения сопротивления изоляции фазы обмотки статора по отношению к корпусу.

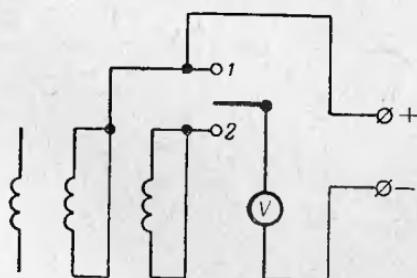


Рис. 38. Схема измерения сопротивления изоляции между обмотками фаз.

изоляции фазы обмотки по отношению к корпусу, а на рис. 38 — схема измерения сопротивления изоляции между обмотками фаз.

Величина сопротивления изоляции R ом, измеренная методом вольтметра, определяется по формуле

$$R = R_v \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right),$$

где R_v — сопротивление вольтметра, ом, указанное на самом вольтметре или приведенное в его паспорте;

U_1 — показания вольтметра при положении переключателя в точке 1, в;

U_2 — то же при положении переключателя в точке 2, в.

б) Измерение сопротивления обмоток постоянному току

При замерах величины сопротивления обмоток постоянному току имеет значение не только абсолютная величина сопротивления и соответствие ее расчетной, но и симметричность сопротивления отдельных фаз.

Однаковое, но отличающееся от расчетного значение сопротивление каждой фазы может быть либо при

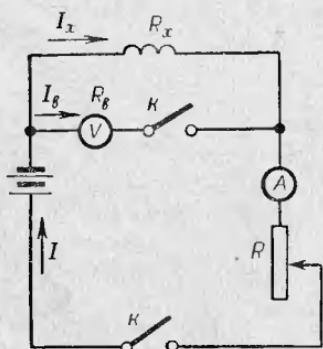


Рис. 39. Способ амперметра и вольтметра.

I_x — ток в измеряемом сопротивлении; I_b — ток в ветви вольтметра; I — ток по амперметру; R_x — измеряемое сопротивление; R_b — сопротивление вольтметра; K — рубильник; R — добавочное регулируемое сопротивление.

ошибке в числе витков катушки, либо при применении провода другого сечения, либо при средней длине витка, также отличающейся от расчетной. Эти причины могут быть легко выявлены внешним осмотром катушек.

Разное значение сопротивления отдельных фаз может явиться следствием многих причин: ошибок в схеме соединения катушек и катушечных групп, витковых замыканий и плохого качества паяк. Допустимое отклонение фактической величины сопротивления от расчетной можно принять равным 8%, а величину расхождения сопротивления отдельных фаз — не более 4% среднего значения сопротивления фаз.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току производится либо при помощи электрического моста, либо по методу вольтметра-амперметра.

Однако электрический мост, простой или двойной, не всегда имеется на месте ремонта. Но даже при наличии моста замеры на нем, как правило, производят персонал лаборатории. Поэтому ниже рассматривается способ измерения сопротивления обмоток только методом амперметра-вольтметра.

Измерение сопротивления методом амперметра-вольтметра производится при практических холодном состоянии обмоток по схеме, приведенной на рис. 39. Применяемые приборы должны быть класса точности 0,5.

Величина тока, протекающего через обмотки, устанавливается в пределах 20% номинального. При сборке схемы следует обратить внимание на надежность контактных соединений самой схемы.

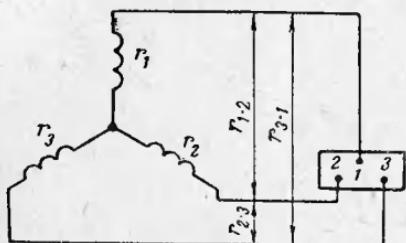


Рис. 40. Измерение омического сопротивления при соединении фаз в звезду.

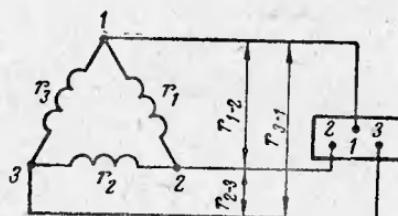


Рис. 41. Измерение омического сопротивления при соединении фаз в треугольник.

Замыкание цепи нижним рубильником (у аккумуляторной батареи) производится при отключенном верхнем рубильнике (у вольтметра), который включается при установившемся значении тока в измеряемой обмотке R_x . Регулировка тока производится с помощью регулируемого сопротивления R .

Величина r определяется формулой:

$$r = \frac{U}{i - \frac{U}{r_v}},$$

где U — замеренное напряжение, в;

i — замеренный ток, а;

r_v — сопротивление вольтметра, ом.

Если $\frac{U_v}{r_v} < 0,001$, то величина сопротивления может быть принята: $r = \frac{U}{i}$.

Если начало и концы фаз не выведены, а выведены только выводные три конца, то следует замерять сопротивление между каждой парой выводных концов ($r_{1-2}; r_{2-3}; r_{3-1}$). Если эти сопротивления равны, то сопротивление каждой фазы ($r_1; r_2; r_3$) составляет:

при соединении в звезду (рис. 40)

$$r_1 = r_2 = r_3 = \frac{r_{1-2}}{2} = \frac{r_{2-3}}{2} = \frac{r_{3-1}}{2};$$

при соединении в треугольник (рис. 41)

$$r_1 = r_2 = r_3 = 1,5r_{1-2} = 1,5r_{2-3} = 1,5r_{3-1}.$$

Если измеренные сопротивления на выводах отличаются между собой, то сопротивление каждой фазы составляет:

при соединении в звезду

$$r_1 = \frac{r_{1-3} + r_{1-2} - r_{2-3}}{2}; \quad r_2 = \frac{r_{1-2} + r_{2-3} - r_{3-1}}{2};$$
$$r_3 = \frac{r_{2-3} + r_{3-1} - r_{1-2}}{2},$$

при соединении в треугольник

$$r_1 = \frac{2r_{2-3}r_{3-1}}{r_{2-3} + r_{3-1} - r_{1-2}} - 0,5(r_{2-3} + r_{3-1} - r_{1-2});$$
$$r_2 = \frac{2r_{3-1}r_{1-2}}{r_{3-1} + r_{1-2} - r_{2-3}} - 0,5(r_{3-1} + r_{1-2} - r_{2-3});$$
$$r_3 = \frac{2r_{1-2}r_{2-3}}{r_{1-2} + r_{2-3} - r_{3-1}} - 0,5(r_{1-2} + r_{2-3} - r_{3-1}).$$

в) Испытание электрической прочности изоляции обмоток

Испытание электрической прочности изоляции обмоток как относительно корпуса, так и между фазами производится после предварительной очистки и сушки машины, а также после замера сопротивления изоляции. Испытание может производиться только при удовлетворительных показателях сопротивления изоляции обмоток.

Испытанию могут подвергаться электродвигатели как в холодном, так и в горячем состоянии. Особенное серьезное внимание при проведении испытания должно быть уделено технике безопасности, так как испытание производится высоким напряжением. Испытанию подвергается каждая из фаз обмотки, при этом две другие фазы обмотки подключаются к корпусу электродвигателя, который заземляется. В тех случаях, когда концы и начала фаз не выведены, испытывается вся обмотка по отношению к корпусу. Один полюс источника испытательного напряжения подключается к испытуемой обмотке, а другой полюс — к корпусу электродвигателя. Испытание производится напряжением переменного тока

промышленной частоты с помощью специального трансформатора. На рис. 42 указана схема включения этого трансформатора.

При отсутствии специального испытательного трансформатора могут быть использованы трансформаторы

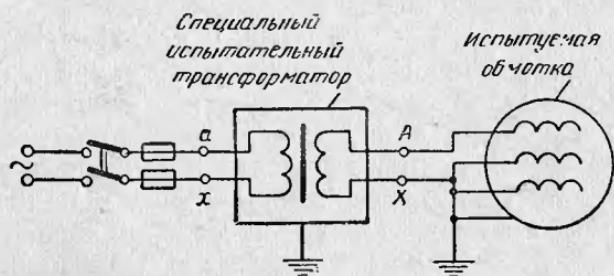


Рис. 42. Схема включения испытательного трансформатора.

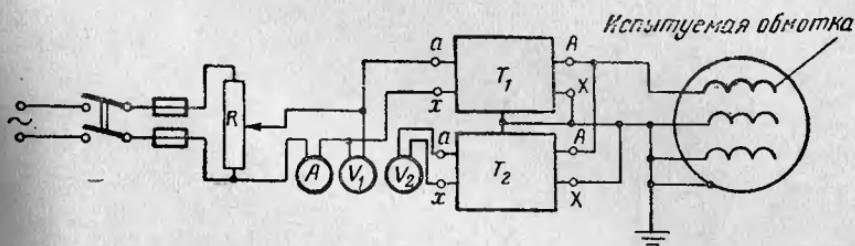


Рис. 43. Схема включения измерительных трансформаторов для испытания обмотки.

аппарата для испытания трансформаторного масла или кенотронной установки, а также измерительные трансформаторы напряжения. Схема включения измерительных трансформаторов приведена на рис. 43.

На приведенной схеме (рис. 43) T_1 и T_2 — измерительные трансформаторы типа НОМ. Обмотки высокого напряжения трансформатора T_2 , предназначенного для контроля величины испытательного напряжения, подключаются параллельно обмотке высокого напряжения трансформатора T_1 , а корпуса обоих трансформаторов заземляются.

Вольтметр V_1 включается для проверки величины испытательного напряжения на первичной обмотке трансформатора T_1 , а вольтметр V_2 предназначен для контроля величины испытательного напряжения. Для

регулировки напряжения служит реостат R , включаемый как потенциометр.

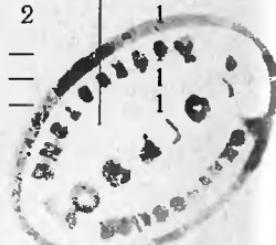
Если мощность одного трансформатора недостаточна для проведения испытания, следует параллельно включить два или три трансформатора. Если напряжение одного трансформатора недостаточно для получения нужной величины испытательного напряжения, нужно последовательно включить два или три трансформатора.

Испытание должно начинаться при напряжении, составляющем около одной трети испытательного. Затем в течение 10—15 сек производится повышение напряжения до полной величины испытательного напряжения, которое выдерживается в течение 1 мин. Затем напряжение снижается до $\frac{1}{3}$ и отключается. После снятия напряжения испытуемая обмотка с помощью специального разрядника соединяется с корпусом электродвигателя и тем самым разряжается.

ПРИЛОЖЕНИЕ

МИНИМАЛЬНЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ РАССТОЯНИЯ ДЛЯ ВЫВОДНЫХ КОНЦОВ И УГОЛКОВ КАТУШЕК

Номинальное напряжение, в	Минимальные расстояния, мм			Число слоев изоляции		
	A	B	V	Мика-лента	Лакотканевая или стеклянная лента	Хлопчатобумажная лента
Уголка						
550	20	10	10	1	1	1
3150 } рис. 14	35	15	10	3	1	1
6300 }	60	25	15	5	1	1
Выводные концы						
550 } рис. 15	15	—	10	—	—	1
3150 }	25	—	15	—	—	1
6300 }	40	—	25	—	—	1
рис. 19						
550 }	10	—	—	—	1	1
3150 }	10	—	—	—	2	1
6300 }	15	—	—	2	2	1



ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов Н. В., Производство электрических машин. Госэнергоиздат, 1961 г.
 2. Рубо Л. Г., Пересчет и ремонт асинхронных двигателей мощностью до 100 квт, Госэнергоиздат, 1961 г.
 3. Зимин В. И. и др., Обмотки электрических машин, Госэнергоиздат, 1961 г.
 4. Егоров И. А., Ремонт обмоток крупных электродвигателей переменного тока, Госэнергоиздат, 1953 г.
 5. Денов П. В., Справочник по ремонту электрических машин, Госиздат технической литературы УССР, Киев, 1959 г.
 6. Коварский Е. М., Ремонт электрических машин, Госэнергоиздат, 1962 г.
 7. Девятков А. Ф. и др., Ремонт электрических машин и трансформаторов, Сельхозгиз, 1960 г.
-

Цена 10 коп.

ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ

- Ашкенази Г. И. и др. Электрооборудование театрально-зрелищных зданий. Госэнергоиздат, 1961 г. 35 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 57), 10 к.
- Демчев В. И. и Царьков В. М., Прожекторное освещение. Госэнергоиздат, 1962 г. 60 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 61), 11 к.
- Дормакович П. А. и др. Изготовление и обслуживание газосветных установок. Госэнергоиздат, 1962 г. 50 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 72), 12 к.
- Иевлев В. И. и Рябцев Ю. И., Монтаж трансформаторов напряжением 500 кв. Госэнергоиздат, 1961 г. 39 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 52), 8 к.
- Кастанович М. М., Как работают провода, изоляторы и арматура линий электропередачи. Госэнергоиздат, 1962 г. 63 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 63), 13 к.
- Камнев В. С., Подшипники качения в электрических машинах. Госэнергоиздат, 1960 г. 62 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 20), 15 к.
- Колузов А. М., Ремонт и обслуживание быстродействующих выключателей типа ВАБ-2. Госэнергоиздат, 1962 г. 47 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 75), 9 к.
- Мусаэлян Э. С., Проверки и испытания при монтаже турбогенераторов. Госэнергоиздат, 1962 г. 79 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 66), 15 к.
- Плетнев Л. Ф., Реле прямого действия, их наладка и проверка. Госэнергоиздат, 1961 г. 46 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 48), 9 к.
- Харитонов М. Г. Опыт обслуживания и ремонта КРУ Запорожского завода. Госэнергоиздат, 1960 г. (Б-ка электромонтера. Вып. 17), 9 к.
- Чернев К. К., Обслуживание распределительных устройств высокого напряжения. Госэнергоиздат, 1961 г. 55 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 47), 11 к.

Перечисленные выше книги требуйте в магазинах Книготорга. В случае их отсутствия в местных магазинах, заказ можно направить по адресу: Москва, К-50, ул. Медведева 1, отдел «Книга — почтой» магазина № 8 «Техническая книга». Заказ будет выполнен наложенным платежом.

Издательство заказов на книги не принимает и книг не высыпает.
