



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ ПРИ ОСМОТРЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ И КОНТРОЛЬ ЗА ИХ РАБОТОЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ

<sup>1</sup>Липкович И.Э., <sup>2</sup>Егорова И.В., <sup>3</sup>Петренко Н.В., Чайка Д.С.

*Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде, Россия (347740, г. Зерноград, Ростовская область, ул. Советская ул., 21), e-mail:*

*<sup>1</sup>lipkovich012@yandex.ru, <sup>2</sup>orishenkoirina@mail.ru, <sup>3</sup>petrenko.new@mail.ru*

---

**В статье рассмотрены особенности проведения технического обслуживания электроприводов, являющиеся, на наш взгляд, важным этапом в эксплуатации. Данные операции требуют четкую последовательность выполнения работ в строгом соблюдении мер безопасности.**

---

Ключевые слова: безопасность; контроль; электропривод; техническое обслуживание; электродвигатель

## ORGANIZATIONAL BASES OF WORK SAFETY DURING INSPECTION OF ELECTRIC ACTUATORS AND CONTROL OF THEIR WORK DURING MAINTENANCE

<sup>1</sup>Lipkovich I.E., <sup>2</sup>Egorova I.V., <sup>3</sup>Petrenko N.V., Chaika D.S.

*Azov-Chernomorsk Engineering Institute, Donskoy State Agrarian University in Zernograd, Russia (347740, Zernograd, Rostov region, ul. Sovetskaya St., 21), e-mail: <sup>1</sup>lipkovich012@yandex.ru,*

*<sup>2</sup>orishenkoirina@mail.ru, <sup>3</sup>petrenko.new@mail.ru*

---

**The article discusses the features of the maintenance of electric drives, which, in our opinion, is an important stage in operation. These operations require a clear sequence of work in strict observance of security measures.**

---

Keywords: security; control; electric drive; Maintenance; electric motor.

Согласно ГОСТ 20911–89 при техническом обслуживании электроприводов проводят их осмотр и контроль за работой в сроки, предписанные планово-предупредительным ремонтом (ППР). Электроприводы осматривают тем чаще, чем тяжелее условия работы, например большая длительность разгона электродвигателя, частые пуски, высокая температура окружающей среды. Конструкция электродвигателей также может влиять на требуемую периодичность их осмотров. Кроме того, при установлении периодичности осмотров надо учитывать и техническое состояние электродвигателей, например степень их изношенности.

При осмотре во время обходов электроприводов проверяют температуру нагрева двигателей; следят за тем, чтобы они содержались в чистоте и вблизи них не находилось бы ненужных предметов, особенно опасных в пожарном отношении; наблюдают, чтобы пуск и останов электродвигателей производились производственным персоналом по инструкции и электродвигатели не работали вхолостую; контролируют напряжение электросети, которое

должно находиться в пределах 95–110 % от номинального; проверяют в подшипниках, реостатах и пусковой аппаратуре уровень масла; обращают внимание на исправность ограждений, препятствующих случайным прикосновениям к вращающимся частям электропривода; устраняют мелкие неисправности и проводят наружную очистку электродвигателей [1].

Некоторые предельно допустимые превышения температуры частей электрических машин приведены в Таблице<sup>о</sup>1.

Таблица<sup>о</sup>1 – Предельно допустимые превышения температуры частей электрических машин

п/п	Части электрической машины	Класс нагревостойкости					
		В		F		H	
		Превышение температуры. °С, при измерении различными методами					
		термометром	сопротивлением	термометром	сопротивлением	термометром	сопротивлением
1	Обмотки: переменного тока машин мощностью менее 5000 кВт- А или с длиной сердечника менее 1 м; возбуждения машин постоянного тока, кроме указанных в п. 2, 3 настоящей таблицы; якорные, соединенные с коллектором	70	80	85	100	105	125
2	Однорядные обмотки возбуждения с оголенными поверхностями	90	90	110	110	135	135
3	Обмотки возбуждения малого сопротивления, имеющие несколько слоев, и компенсационные обмотки	80	80	100	100	125	125
4	Сердечники и другие стальные части, соприкасающиеся с изолированными обмотками	80	–	100	–	125	–
5	Коллекторы и контактные кольца – незащищенные и защищенные	80	–	90	–	100	–

Контроль нагрева производят, измеряя температуру доступных частей – корпуса электродвигателя, крышек подшипников, коллектора, контактных колец. Температуру определяют с помощью переносного термометра, прикладываемого сразу после останова электродвигателя к той его части, температуру которой измеряют. Конец термометра при измерениях обертывают фольгой, прикладывают к измеряемой части электродвигателя и закрывают слоем ваты, для уменьшения отдачи теплоты в окружающую среду [1, 2].

Основной причиной, вызывающей превышение температуры электродвигателей выше предельно допустимой, является его перегрузка, поэтому при работе электро-

двигателей, а также регулировке технологического процесса следят за показаниями амперметров, которые устанавливают в цепь статора.

На работу электродвигателей существенно влияет напряжение питающей сети: повышение напряжения сети приводит к увеличению намагничивающего тока и потерям в меди и стали, что вызывает превышение температуры выше предельно допустимой; понижение напряжения сети уменьшает момент вращения, что вызывает увеличение тока и тоже превышение температуры. Учитывая это, при эксплуатации электродвигателей контролируют напряжение питающей сети.

Ухудшение изоляции обмоток при эксплуатации электродвигателя со временем может привести к коротким замыканиям между обмотками, а также к замыканиям обмоток на корпус электродвигателей. Для предотвращения указанных явлений и связанных с ними выходов электродвигателей из строя периодически измеряют сопротивление изоляции обмоток мегаомметрами. Сроки таких проверок зависят от местных условий и технического состояния электродвигателя. Кроме периодических проверок проводят и внеочередные, устраиваемые после продолжительных перерывов в работе электродвигателей, после попадания на них воды и в тех случаях, когда возникает опасение в ухудшении состояния изоляции обмоток [3].

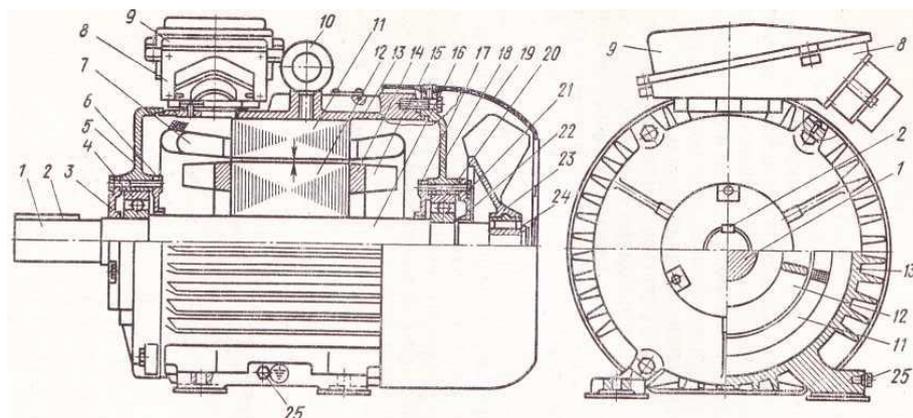
В процессе эксплуатации электроприводов могут возникать явления, при которых электродвигатель необходимо отключить от сети. К ним относятся: появление дыма или огня из электродвигателя или его аппаратуры; несчастный случай с человеком- требующий остановка электродвигателя; вибрация, угрожающая целостности электродвигателя; поломка приводного механизма; нагрев подшипников сверх допустимого; снижение оборотов электродвигателя, сопровождаемое быстрым его нагревом.

При осмотрах электроприводов обращают внимание на вибрацию и при необходимых случаях ее измеряют.

**Техническое обслуживание и текущий ремонт подшипников качения в электрических машинах.** При техническом обслуживании электрических машин контролируют работу подшипникового узла внешнего осмотра, измерения температуры нагрева, прослушивания шума и определения вибрации. Температуру нагрева измеряют термометрами или термопарами, которые прикладывают к месту, расположенному близко к подшипнику. Нагрев подшипников не должен превышать 100 °С. Шум прослушивают стетоскопом или на слух без приборов. Вибрацию измеряют виброметром или определяют на ощупь рукой [3].

Порядок проведения работ зависит от многих причин, в том числе от конструкции машины и подшипникового узла. В старых сериях электрических машин постоянного и переменного тока и в некоторых машинах новых серий наиболее часто используют конструкцию подшипникового узла, показанного на Рисунке<sup>о</sup>1.





1 – выходной конец вала; 2 – шпонка; 3, 6 – наружная и внутренняя крышки переднего подшипникового щита; 4, 20 – передний и задний подшипники; 5, 18 – передний и задний подшипниковые щиты; 7 – обмотка статора; 8 – корпус коробки выводов; 9 – крышка коробки выводов; 10 – грузовой болт; 11 – сердечник статора; 12 – сердечник ротора; 13 – корпус; 14 – короткозамкнутая обмотка ротора; 15 – вентиляционные лопатки ротора; 16 – вал; 17, 21 – внутренняя и наружная крышки заднего подшипникового щита; 19 – кожух; 22, 24 – пружинные шайбы; 23 – вентилятор; 25 – болт заземления

Рисунок 2 – Асинхронный электродвигатель серии 4А с высотой оси вращения 160 мм

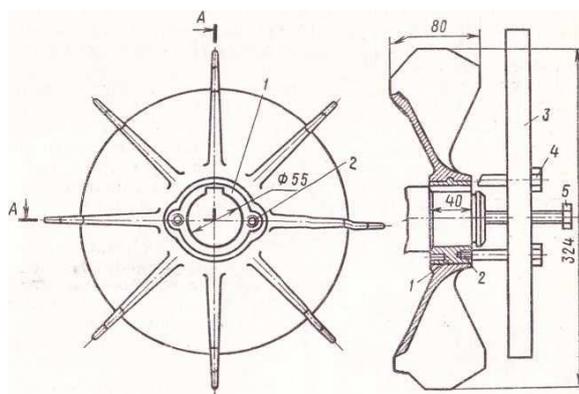


Рисунок 3 – Схема снятия вентилятора с вала электродвигателя съемником

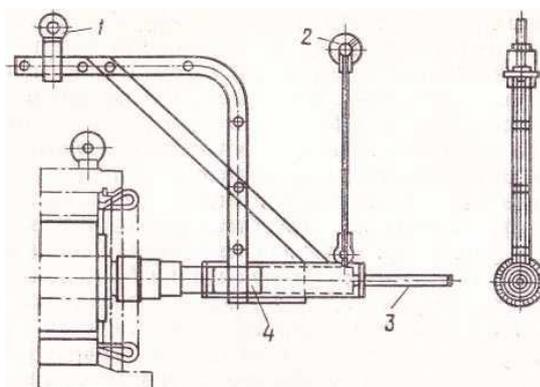


Рисунок 4 – Приспособление для ввода и вывода ротора

Для замены смазки подшипников четыре подшипниковые крышки и вал в месте посадки подшипников очищают от старой смазки и промывают бензином. Свежую смазку закладывают в подшипниковые крышки, заполняя  $2/3$  объема, и в канавки 16 (см. Рисунок 2). Затем производят сборку двигателя. При замене подшипников снимают пружинную шайбу 17 и стягивают подшипники съемником.

Для снятия шарикового подшипника с вала пользуются винтовым съемником. Как правило, подшипники не ремонтируют, так как отсутствует способ определения остаточного ресурса подшипника, а неплановый останов двигателя почти всегда обходится намного дороже, чем новый подшипник [5, 6].

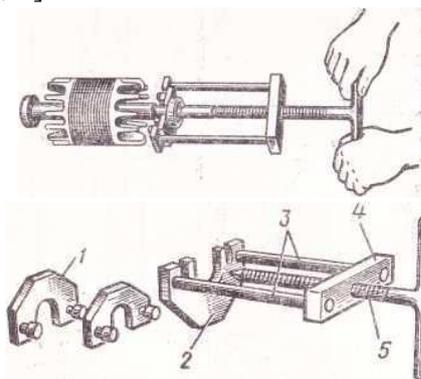


Рисунок 5 – Винтовой съемник для снятия подшипников

Подшипники надевают на вал нагретыми до температуры  $90\text{--}100^\circ\text{C}$ . Нагрев производят в ваннах с минеральным маслом. Если подшипник не устанавливается свободно на вал, его насаживают ударами молотка через монтажную трубу 2 (Рисунок 6) с ободком из мягкого материала [4, 6].

В асинхронных электродвигателях серии 4А с высотой оси вращения  $160\text{--}355$  мм предусмотрены два вида подшипниковых узлов – с пополнением смазки только при разборке двигателя (см. Рисунок 1) и с устройством для пополнения смазки без разборки двигателя (Рисунок 5). Устройство для пополнения смазки без разборки двигателя применяют также во взрывозащищенных асинхронных электродвигателях мощностью от 10 до 2000 кВт и некоторых других машинах [3].

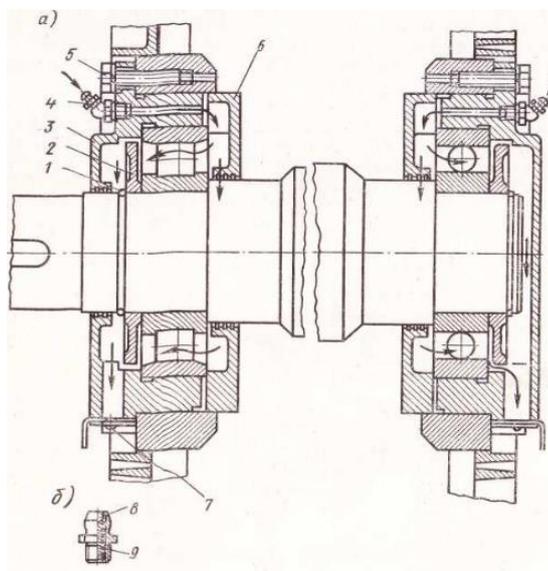


Рисунок 6 – Конструкция подшипникового узла с устройством для пополнения смазки без разборки двигателя (а) и пресс-масленка (б)

Смазку добавляют без рассоединения двигателя с приводным механизмом. Смазку нагнетают с помощью штокового шприца или других шприцев в пресс-масленку 4, которая имеет шарик 8, поджатый пружиной 9. Надавливая на шарик, смазка сжимает пружину и проходит через масленку. Смазка через пресс-масленку попадает в полость внутренней крышки подшипника, проходит подшипник и попадает в полость крышки-капсюля, откуда удаляется через отверстие в нижней части. Критерием добавления смазки и частичного удаления отработанной смазки служит поступление чистой смазки в нижней части подшипниковой крышки при открытой заслонке 7.

Замену подшипника можно произвести, не разбирая двигатель. Для этого его отсоединяют от токопроводящих заземляющих проводов, отсоединяют от приводного механизма и снимают полумуфту. Затем отвертывают болты, крепящие крышку-капсюль 3 с внутренней крышкой подшипника 6 (болты на рисунке не показаны), отвертывают болты 5, крепящие крышку-капсюль со щитом, и выводят ее с помощью двух отжимных болтов, которые упирают в щит. Ротор опускается на сердечник статора. Снимают пружинное кольцо 1, фиксирующее положение подшипника на валу, и смазочный диск 2, используя два резьбовых отверстия на нем; подшипник снимают съемником, вводя его в пространство между щитом и наружной обоймой подшипника [2, 6].

**Техническое обслуживание и текущий ремонт подшипников скольжения в электрических машинах.** Подшипники скольжения используют в средних и крупных электрических машинах. Они могут иметь кольцевую, принудительную или комбинированную систему подачи масла. На рисунке 6 показана конструкция подшипника с комбинированной системой подачи смазки. Корпус 3 и вкладыши 5 отлиты из чугуна и имеют разъем по горизонтальной плоскости. Рабочие поверхности вкладышей залиты баббитом 2. Смазка осуществляется смазочными кольцами 4 и дополнительной подачей масла через маслоподвод 1 на вал 7. Маслоподвод имеет указатель течения масла 6 –

застекленное круглое окно для контроля за протеканием масла и игольчатый кран, который позволяет отрегулировать подачу необходимого количества масла. При случайном прекращении подачи масла смазка подшипников обеспечивается смазочными кольцами. При прекращении подачи масла допустимое время работы машины на смазочных кольцах указывается заводом-изготовителем. Для предотвращения вытекания масла из подшипников имеются уплотнения 8. Масло отводится через маслоотвод 10. При смене масла его сливают через маслослив 9 [6].

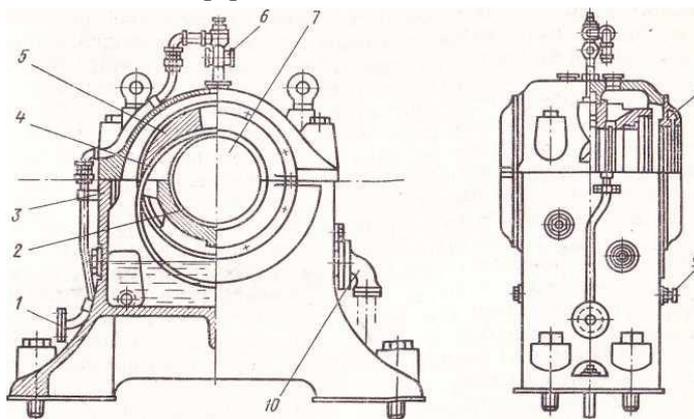


Рисунок 7 – Конструкция подшипника скольжения комбинированной системой подачи масла

Подшипники скольжения требуют ежедневного осмотра. У них регулярно контролируют температуру нагрева, уровень масла, вибрацию и зазор между вкладышем и цапфой. О температуре подшипника обычно судят по температуре масла, которую замеряют термометром, опущенным в масляную камеру стояка. Температура масла для большинства подшипников должна быть не более  $80^{\circ}\text{C}$ . Масло холоднее подшипников примерно на  $5\text{--}10^{\circ}\text{C}$ . В машинах с принудительной смазкой температура масла в месте его вытекания из подшипника не должна превышать  $65^{\circ}\text{C}$  [7, 8].

**Техническое обслуживание и текущий ремонт обмоток электрических машин.** При эксплуатации электрических машин постепенно разрушается изоляция обмоток в результате ее нагрева, воздействия механических усилий от вибрации, динамических сил при пусках и переходных процессах, центробежных сил при вращении, влияния влаги и агрессивных сред, загрязнения различной пылью. Необратимые изменения структуры и химического состава изоляции называют *старением*, а процесс ухудшения свойств изоляции в результате старения – *износом*.

В процессе эксплуатации обмотка может загрязняться пылью из окружающего воздуха, маслом из подшипников, угольной пылью при работе щеток. В рабочих помещениях металлургических и угольных предприятий, прокатных, коксовых и других цехов пыль настолько мелка и легка, что проникает внутрь машины, в такие места, куда попадание ее, казалось бы, невозможно. Она образует проводящие мостики, которые могут вызвать перекрытие или пробой на корпус.

При текущем ремонте обмоток машину разбирают. Обмотки осматривают, продувают сухим сжатым воздухом и при необходимости протирают салфетками, смоченными в бензине.

При осмотре проверяют надежность крепления лобовых частей, клиньев, бандажей. При обнаружении неисправности ее устраняют. Ослабленные или оборванные бандажи на лобовых частях статорных обмоток из круглого провода срезают, заменяя их новыми из стеклянного или лавсанового шнуров или лент.

В обмотках из прямоугольного провода закрепляют ослабленные дистанционные прокладки 4 (Рисунок 8), обвязку катушек 1, крепление 3 катушек к бандажному кольцу 2; поврежденные выводные концы изолируют. Если покрытие обмотки находится в неудовлетворительном состоянии, то обмотку сушат, покрывают слоем эмали и сушат эмаль. Покрывать обмотку толстым слоем эмали не рекомендуется, так как утолщенный слой ухудшает охлаждение машины. Качество проведенного ремонта проверяют замером сопротивления изоляции до и после ремонта [1, 3, 6].

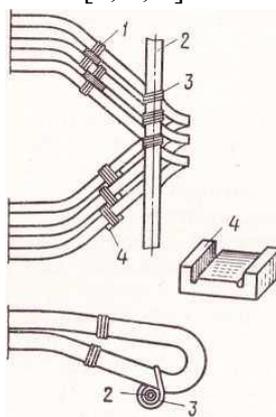


Рисунок 8 – Крепление лобовых частей обмотки из прямоугольного провода

Короткозамкнутые обмотки асинхронных двигателей при текущем ремонте, как правило, не ремонтируют, а только осматривают [7, 8].

#### **Техническое обслуживание и текущий ремонт щеточно-коллекторного узла.**

Щеточно-коллекторный узел в машинах постоянного тока и других машинах является наименее надежным узлом и требует тщательного технического обслуживания. Для обеспечения безыскровой работы надо выполнить ряд условий, обеспечивающих надежный контакт между щеткой и коллектором и равномерную допустимую нагрузку током рабочей поверхности щетки.

Исправность щеточно-коллекторного узла проверяют при осмотре и необходимых измерениях. У исправных коллекторов поверхность гладкая, без выступающей слюды или отдельных пластин, без вмятин, подгаров, без эксцентриситета или биения. Щетки свободно скользят в обоймах щеткодержателей, но без качки и с достаточной силой прижимаются к коллектору. Болты, траверсы, пальцы, на которых крепятся щеткодержатели, достаточно жесткие и не имеют вибраций, качки и т. п. Якорь машины отбалансирован и вращается без вибраций. Щетки одной марки, требуемого размера тщательно притерты к коллектору. Поверхность коллектора, по которой скользят щетки, имеет гладкую блестящую поверхность, которая представляет собой пленку закиси меди с графитом. Политура обладает смазывающими свойствами, которые уменьшают износ щеток и обеспечивают хорошую коммутацию.

При техническом обслуживании пыль с коллектора и щеточного механизма удаляют пылесосом или продувкой сжатым воздухом и протирают коллектор салфеткой, смоченной спиртом. Проверяют легкость перемещения щетки 2 (Рисунок 9) в щеткодержателе 1 [5, 7].

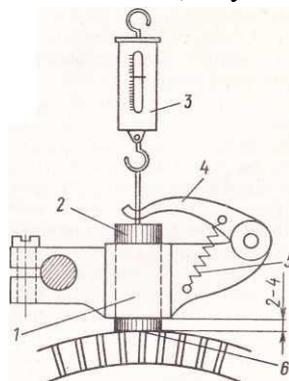


Рисунок 9 – Устройство для измерения динамометром давления щетки на коллектор

Измеряют также давление щетки на коллектор. Под щетку подкладывают лист бумаги 6, а динамометр 3 крепят к щетке. Показания динамометра, при котором бумага легко вытаскивается из-под щетки, позволяют определить давление щетки на коллектор. Недостаточное давление щетки приводит к сильному искрению и ускоренному износу коллектора и щеток. Слишком сильное давление увеличивает силу трения в скользящем контакте, а также износ. Давление должно быть наименьшим, при котором искрение не превышает значения, допустимого по технической документации. Давление на все щетки одинаково для равномерного распределения тока между щетками. Палец щеткодержателя 4 налегает на середину щетки и на щетке нет большой выработки от его давления, которое регулируется пружиной 5.

Кроме того, проверяется правильное расположение щеток на коллекторе. Для равномерной нагрузки щеток током на каждом щеткодержателе их размещают строго по оси коллектора (рисунок 10, а). Для равномерного износа коллектора щетки рядов в осевом направлении сдвинуты (рисунок 10, б). Расстояние между щеткодержателями одинаково (Рисунок 10, в) [2, 4, 5].

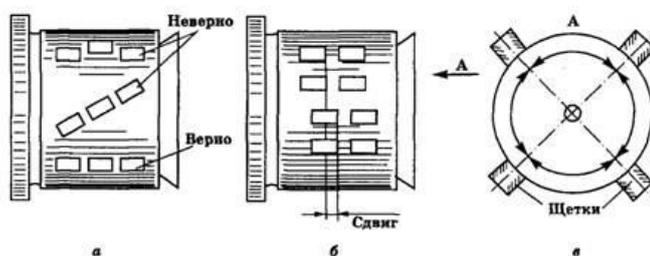
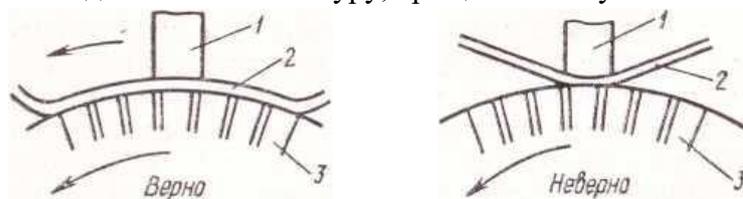


Рисунок 10 – Расстановка щеток на коллекторе

При выработке щеток их заменяют. Величина допустимой выработки указывается в технической документации на каждую машину. После установки новых щеток производят их притирку и шлифовку. Для притирки между щеткой и коллектором устанавливают стеклянную шкурку с мелким зерном и протягивают ее в направлении вращения коллектора (Рисунок 11). Рабочая поверхность шкурки придает щетке предварительный радиус, который близок к радиусу коллектора. Затем щеточный аппарат продувают сжатым воздухом для

очистки от пыли и щетки пришлифовывают при вращающейся на холостом ходу машине. Пришлифовку можно считать законченной, когда не менее половины поверхности щетки прилегает к коллектору. При этом на коллекторе должна быть политура. Если коллектор имеет царапины, незначительные подгары, то их удаляют шлифовкой коллектора. После шлифовки коллектора необходимо создать на нем политуру, вращая машину на холостом ходу [4, 6].



1 – щетки; 2 – стеклянная шкурка; 3 – коллектор

Рисунок 11 – Схема притирки щеток к коллектору

Текущий ремонт производят при появлении на коллекторе сильных подгаров, выработок, неровностей, выступления отдельных пластин, биения рабочей поверхности. Для устранения этих неисправностей коллектор протачивают. Операция проточки в небольших машинах связана с разборкой, а в крупных – с серьезными работами, поэтому проточку производят при текущем ремонте.

При разборке двигатель отсоединяют от приводного механизма, подсоединительных проводов, заземления и снимают полумуфту или шкив. Для этого снимают жалюзи 1 (Рисунок 12) и находят метку, определяющую положение траверсы 6 относительно щита 4. Метка может быть сделана засечкой зубила на траверсе и щите или краской. Если метка отсутствует или не четкая, то ее наносят заново. При этом траверса должна быть надежно закреплена на щите болтом 7. Метку наносят также на щит 4 и корпус 9. Это необходимо для того, чтобы правильно собрать щеточный узел. Затем вынимают щетки 8 из щеткодержателей, отворачивают болты 3 и снимают крышку подшипника 2, отворачивают болты 5 и снимают щит 4. Щит сначала должен сойти с замка на корпусе, а затем с подшипника. После снятия щита 4 якорь опускается и ложится на полюса. Отворачивают болты 10 и снимают щит с замка на корпусе. Якорь вынимают из индуктора вручную, если он небольшой массы или с помощью приспособления (см. Рисунок 4), если он большой массы. Якорь укладывают на деревянную подставку, отворачивают болты 12 (см. рисунок 16), снимают крышку подшипника 13 и щит 11 [5, 7, 8].

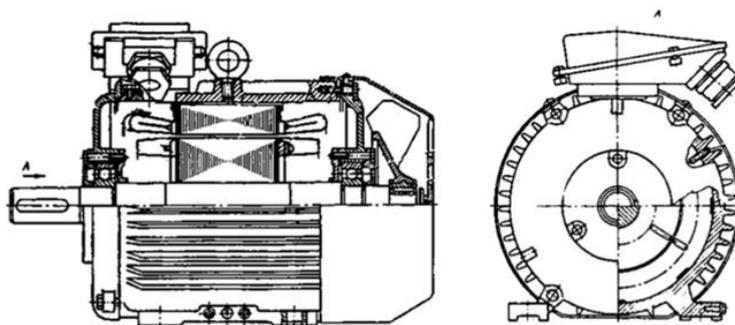
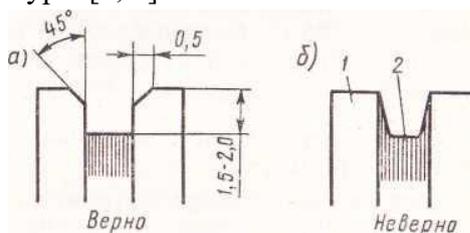


Рисунок 12 – Двигатель постоянного тока с высокой осью вращения 180 мм, степень защиты 1P22

Для проточки якорь устанавливают подшипниками на люнеты токарного станка. Внутренние крышки подшипников закрепляют так, чтобы они не вращались. Проточку коллектора производят высококачественными резцами при скорости резания порядка 90 м/мин, подаче не более 0,05–0,1 мм на оборот и минимальной глубине резания. При получении чистой поверхности проточку прекращают.

После проточки производят продоразивание коллектора. *Продоразиванием* называют операцию уменьшения высоты изоляционных пластин на 1–2 мм по сравнению с коллекторными пластинами. Если изоляционные пластины имеют один размер с медными или больше их, то нарушается контакт между щеткой и медной пластиной. Следует иметь в виду, что изоляционная пластина срабатывается медленней, чем медная. Продоразивание производят специальной пилой, которую изготовляют из ножовочного полотна. Пропиливание изоляции выполняют по Рисунку 13, а, а не по Рисунку 13, б; в последнем случае после небольшого износа коллектора изоляция выступает за его пределы. Края коллекторных пластин притупляют под углом  $45^\circ$  на ширину не более 0,5 мм. Коллектор шлифуют стеклянной шкуркой и собирают машину. В собранной машине производят притирку щеток и создание политуры [6, 7].



1 – коллекторная пластина; 2 – изоляция между пластинами

Рисунок 13 – Продоразивание коллектора

При сборке машины совмещают метки на щите и корпусе и на щите и траверсе. Однако необходимо проверить правильность установки щеток на нейтраль еще раз после притирки щеток и создания политуры. Для этого отключают обмотку возбуждения и через реостат от аккумуляторной батареи подводят к ней постоянный ток (Рисунок 14). Сила тока в обмотке составляет примерно 5–10% от номинального, что важно для предотвращения пробоя обмотки ЭДС самоиндукции, возникающей при размыкании цепи [1, 3, 9].

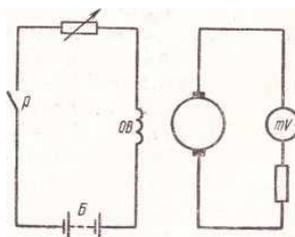


Рисунок 14 – Схема для установки траверсы в нейтраль

К зажимам якоря присоединяют милливольтметр на 45–60 мВ с добавочным сопротивлением для напряжения 1,5–3 В. Затем производят замыкание и размыкание цепи возбуждения; при этом в якоре индуцируется ЭДС трансформации и стрелка прибора отклоняется в ту или другую сторону в зависимости от положения щеток. При щетках,

находящихся в нейтрале, ЭДС практически равна нулю. Траверсу со щетками передвигают до тех пор, пока не достигнуто это положение щеток. Рекомендуется проверять правильность положения траверсы при различных положениях якоря.

Коллекторы крупных машин протачивают без разборки машины в собственных подшипниках. Для проточки снимают часть щеткодержателей и на траверсе или щите устанавливают специальный суппорт. Резец должен быть обращен режущей кромкой вверх, немного выше центра. Для предохранения обмотки от попадания стружки ее защищают парусиновым чехлом, который завязывают лентой на лобовых частях. После проточки выполняют остальные операции.

Техническое обслуживание и текущий ремонт контактных колец более прост по сравнению с коллекторами и поэтому подробно не описывается. Требования к поверхности контактных колец и щеткам те же, что и к коллекторному узлу [5, 7, 10].

Исходя из вышеизложенного, можно с уверенностью заявить, что осмотр и ремонт обслуживания электроприводов многооперационный процесс, требующий точности выполнения и неукоснительного соблюдения требований безопасности, которые мы сформулировали ниже.

Обслуживание электрических машин сопряжено с опасностью получения травм от вращающихся частей и поражения электрическим током. Все вращающиеся и токоведущие части должны иметь ограждения. Обслуживание производят в прилегающей к телу одежде; рукава должны быть застегнуты у кистей.

После останова двигателя для работ без его разработки на приводе выключателя вывешивается плакат «*Не включать – работают люди*». Ручное включение и отключение машин напряжением свыше 1000 В необходимо выполнять в диэлектрических перчатках и калошах или на коврик. Отключение выполняют с видимым разрывом электрической цепи, для чего отключают разъединители, снимают плавкие вставки предохранителей, отсоединяют привода сети. После вывешивания плаката проверяют отсутствие напряжения на отключенном участке сети. В оперативном журнале делают запись об отключении машины. Включение производят только после отметки в журнале об окончании работ.

Отключенные двигатели насосов и вентиляторов могут неожиданно прийти в движение под напором воды или воздуха. В таких установках необходимо закрыть вентили или другое закрывающее устройство, запереть его на замок и вывесить плакат «*Не открывать – работают люди*». Если трехфазный двигатель отсоединен от сети, концы всех фаз питающего кабеля замыкают накоротко и заземляют переносным заземлением. Работа в пусковой аппаратуре допускается только при полном снятии напряжения.

Электрические машины небольшой мощности разбирают на верстаках, а машины большой мощности – на специальных стендах с доступом к ним со всех сторон. Разборку рекомендуется производить в рукавицах, чтобы предохранить руки от ссадин, царапин и ушибов. Съёмники для съёмки подшипников не должны иметь трещин, погнутых стержней, сорванной резьбы. Запрещается сбивать подшипники с валов и выбивать их из гнезд ударами молотка. Разобранные подшипниковые щиты, роторы и якоря следует укладывать на стеллажи, статоры на подставки, а мелкие детали в ящик [11].

Безопасность выполнения работ обеспечивается также организационными мерами. К ним относятся: оформление работы нарядом, оформление допуска к работе, надзор во время

работы и т. п. Наряд есть письменное распоряжение на работу' в электроустановках, определяющее место, время, начало и окончание работ; условия безопасного ее проведения; состав бригады и лиц, ответственных за безопасность. Без наряда по устному или письменному распоряжению, но с обязательной записью в журнале могут выполняться такие работы, как уборка помещений до ограждений электрооборудования, чистка кожухов, доливка масла в подшипники, уход за коллекторами, контактными кольцами, щетками, замена пробочных предохранителей.

Испытание изоляции повышенным напряжением и измерение ее сопротивления должны проводиться с соблюдением дополнительных мер безопасности. Эти контрольные операции должны производиться бригадой в составе не менее двух человек, прошедших специальную подготовку. Во время измерения сопротивления изоляции обмоток мегомметром нельзя прикасаться к проводникам обмотки; после измерения обмотку надо сразу разрядить на корпус [1, 5, 12].

### Список литературы

1. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: учебное пособие / А. И. Хальясмаа [и др.]. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 64 с.
2. Электробезопасность в сельскохозяйственном производстве: монография / И.Э. Липкович, М.М. Украинцев, И.В. Егорова, С.М. Пятикопов, М.В. Жолобова, Н.В. Петренко, С.В. Панченко, А.Н. Токарева, Ж.В. Матвейкина, А.С. Гайда. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2022. – 244 с.
3. Боков Г. С. Техническое перевооружение российских электрических сетей // Новости электротехники. 2002. № 2 (14). С. 10–14.
4. Вавилов В. П., Александров А. Н. Инфракрасная термографическая диагностика в строительстве и энергетике. М. : НТФ «Энергопрогресс», 2003. 360с.
5. Организационные основы безопасности при ремонте электрических двигателей в условиях предприятия АПК / Липкович И.Э., Украинцев М.М., Егорова И.В., Петренко Н.В // АгроЭкоИнфо. 2022. № 3 (51).
6. Ящура А. И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: справочник. М.: Энас, 2012.
7. Биргер И. А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. 240 с.
8. Стратегия повышения безопасности электроснабжения предприятий АПК / Липкович И.Э., Украинцев М.М., Пятикопов С.М., Егорова И.В., Поляков В.Н // Вестник аграрной науки Дона. 2020. № 2 (50). С 74-83.
9. Вдовико В. П. Методология системы диагностики электрооборудования высокого напряжения // Электричество. 2010. № 2. С. 14–20.
10. Липкович И.Э. Персонал электроустановок АПК / Липкович И.Э., Егорова И.В., Пятикопов С.М. // АгроЭкоИнфо. 2018. № 1 (31). 38 с.
11. Чичев С. И., Калинин В. Ф., Глинкин Е. И. Система контроля и управления электротехническим оборудованием подстанций. М.: Спектр, 2011. 139 с.

### References

1. Diagnostics of electrical equipment of power stations and substations: textbook / AI Khalyasmaa [et al.]. - Yekaterinburg: Ural Publishing House. un-ta, 2015. - 64 p.

2. Electrical safety in agricultural production: monograph / I.E. Lipkovich, M.M. Ukraintsev, I.V. Egorova, S.M. Pyatikopov, M.V. Zholobova, N.V. Petrenko, S.V. Panchenko, A.N. Tokareva, Zh.V. Matveikina, A.S. Guide. - Zernograd: Azov-Chernomorsk Engineering Institute of FGBOU VO Donskoy GAU, 2022. - 244 p.
  3. Bokov G.S. Technical re-equipment of Russian electrical networks // News of electrical engineering. 2002. No 2 (14). pp. 10–14.
  4. Vavilov V. P., Aleksandrov A. N. Infrared thermographic diagnostics in construction and energy. M. : NTF "Energoprogress", 2003. p. 360.
  5. Organizational bases of safety in the repair of electric motors in the conditions of the agricultural enterprise / Lipkovich I.E., Ukraintsev M.M., Egorova I.V., Petrenko N.V. // AgroEcoInfo. 2022. No. 3 (51).
  6. Yashura A. I. The system of maintenance and repair of general industrial equipment: a reference book. M.: Enas, 2012.
  7. Birger I. A. Technical diagnostics. M.: Mashinostroenie, 1978. p. 240.
  8. Strategy for improving the security of power supply of agricultural enterprises / Lipkovich I.E., Ukraintsev M.M., Pyatikopov S.M., Egorova I.V., Polyakov V.N. // Herald of agrarian science of the Don. 2020. No. 2 (50). pp. 74-83.
  9. Vdoviko V.P. Methodology of the system for diagnosing electrical equipment high voltage testing // Electricity. 2010. No 2, pp. 14–20.
  10. Lipkovich I.E. Personnel of electrical installations of the agro-industrial complex / Lipkovich I.E., Egorova I.V., Pyatikopov S.M. // AgroEcoInfo. 2018. No. 1 (31). p. 38.
  11. Chichev S. I., Kalinin V. F., Glinkin E. I. System of control and management of electrical equipment of substations. M.: Spektr, 2011. p. 139.
-