

Лабораторная работа № 13

Тема: Определение технического состояния электрических машин. Выполнение карты технического обслуживания.

Цель работы: выполнить техническое обслуживание электродвигателя; изучить порядок проведения периодических осмотров электродвигателя; освоить приемы измерения сопротивления изоляции обмоток; провести смотр электродвигателя, определить его технического состояния; освоить приёмы определения перегрева корпуса электродвигателя и подшипников; изучить операции по уходу за ременной передачей; освоить приемы определения причин вибрации электродвигателя.

Оборудование: асинхронный электродвигатель, синхронная машина, машина постоянного тока, универсальная коллекторная машина, стенд для испытания электродвигателя, набор инструментов электромонтера, мультиметр, измеритель сопротивления изоляции МИС-3, пирометр, щетка-счетка, щетка по металлу.

Введение

Электродвигатели потребляют более половины вырабатываемой в стране электроэнергии. В сельскохозяйственном производстве применяют преимущественно трехфазные асинхронные электродвигатели переменного тока с короткозамкнутой обмоткой ротора.

Технические данные электрического двигателя указывают в паспорте, закрепленном на корпусе в виде таблички. Это номинальная мощность (кВт), номинальное напряжение (В), номинальный ток (А), частота вращения вала (мин^{-1}) и др. В паспорте также указывают модификацию двигателя по исполнению и степени защиты от соприкосновения с токоведущими частями и от проникновения влаги. Тип двигателя для конкретного технологического механизма и условий работы выбирают в соответствии с проектом.

Структура условного обозначения асинхронных электродвигателей серии АИР:

АИР	X	X	X	X	X	серия электродвигателя (АИРС – двигатель с повышенным скольжением; АИРВ – встраиваемый двигатель; АИРБС – электродвигатели для привода запорной аппаратуры; АИРБС – электродвигатели с независимым охлаждением; 4ВР – взрывозащитные двигатели; АИМ – взрывозащитные двигатели со встроенной температурной защитой; 4АС – двигатели для работы в зонах с повышенной радиацией; 4ВРБ – взрывозащитные двигатели для привода запорной аппаратуры; АИРУ – двигатель для центробежных вентиляторов; ДАК – двигатель асинхронный однофазный конденсаторный)
						высота оси вождения, мм (56, 63, 71,...160, 180)
						установочный размер по длине станины (S, L, M) и/или длина сердечника статора (А, В, С)
						Число полюсов (2, 4, 6, 8) и сочетания полюсов (4/2, 6/4, 8/4, 8/6, 6/4/2, 8/4/2, 8/6/4)
						Обозначение модификации: К – комбинированное исполнение; Б – с установленными терморезисторами; Б1 с установленным термореле; Ж – со специальной насосной модификацией; НЛБ – малошумные лифтовые; Е, Е2К – с электромагнитным тормозом (ЭМТ) общего назначения; Е2, Е2К2 – ЭМТ с ручным растормаживающим устройством; если буквы отсутствуют – АД без модификаций
						климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69 (

Номинальное напряжение электродвигателя обычно представляют в виде дроби, например, 380/220 В. Это означает, что данный электродвигатель может быть подключен к сети с линейным

напряжением 380 или 220 В при условии соединения обмоток статора соответственно в звезду или в треугольник.

В серии 4А принята следующая система обозначения типа АД: цифра 4 — номер серии; первая буква А — асинхронный; вторая буква А — алюминиевая станина и щиты (если АД имеет чугунные станину и щиты, то буква не приводится); вторая буква Х — алюминиевая станина и чугунные щиты; вторая буква Н — степень защиты IP23 (при степени защиты IP44 буква не приводится); двух- или трехзначное число после буквы — высота оси вращения, мм; буква S, M или L после числа — установочные размеры по длине корпуса (S — короткий, M — средний, L — длинный); цифра 2, 4, 6, 8, 10, 12 — число полюсов; У — климатическое исполнение (для умеренного климата); 3 — категория размещения (знаки УЗ имеют все АД кроме двигателей тропического исполнения).

Двигатели имеют следующие исполнения для эксплуатации в макроклиматических районах с умеренным (У), тропическим (Т), умеренным и холодным (УХЛ) климатом в условиях, определяемых категориями размещения:

- 1 на открытом воздухе при воздействии прямого солнечного излучения и атмосферных факторов;
- 2 под навесом при отсутствии воздействия прямого солнечного излучения и атмосферных факторов;
- 3 в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий;
- 4 в помещениях с искусственно регулируемыи климатическими условиями;
- 5 в помещениях с повышенной влажностью;

Значения климатических факторов — температуры и влажности воздуха приведены в таблице 13.1.

Значительно реже используют двигатели с фазным ротором, которые обладают повышенным пусковым моментом при небольшом пусковом токе.

Таблица 13.1 – Климатическое исполнение и категории размещения электрооборудования

Климатическое исполнение	Категория размещения	Рабочая температура		Максимальное значение относительной влажности, %
		верхнее значение	нижнее значение	
У	1, 2	+40°C	-45°C	100% при +25°C
У	3	+40°C	-45°C	98% при +25°C
У	5	+35°C	-5°C	100% при +25°C
Т	1, 2	+50°C	-10°C	100% при +35°C
Т	3	+50°C	-10°C	98% при +35°C
УХЛ	1, 2	+40°C	-60°C	100% при +25°C
УХЛ	4	+35°C	+1	80% при +25°C

Промышленность выпускает двигатели серии АИР со встроенной температурной защитой. Кроме того, в хозяйствах еще повсеместно эксплуатируют двигатели серии 4А.

Конструктивно электрические двигатели классифицируют по способу крепления и монтажа, по степени защиты от окружающей среды. В сельском хозяйстве обычно используют брызгозащищенные и закрытые обдуваемые асинхронные двигатели, имеющие химовлагоморозостойкие исполнения и предназначенные для работы как на открытом воздухе, так и во всех сельскохозяйственных помещениях (кроме взрывоопасных) с температурой воздуха от -40 до +40 °С и относительной влажностью воздуха до 95 ± 3 %. Двигатели сельскохозяйственного назначения имеют повышенный пусковой момент и перегрузочную способность. Они имеют специальные уплотнения, исключающие попадание дезинфицирующего раствора в вводы в камеры подшипников и внутрь двигателя, снабжены устройством для пополнения смазки без разборки подшипниковых узлов.

Маркировка электродвигателей

Статор односкоростных трехфазных электродвигателей имеет три обмотки, которые соединяют либо в звезду, либо в треугольник (рисунок 2). Чаще на поверхность корпуса выводят начала и концы обмоток для подключения их к источнику питания. Обмотки двига-

телей рассчитывают на определенное номинальное напряжение. Например, если указано Y/Δ 380/220 В, а напряжение сети 380/220 В, то обмотки должны быть соединены в звезду, а их начала подключены к зажимам сети на линейное напряжение. На данном напряжении подключение обмоток по схеме треугольник **не допускается**, эту схему следует применять при напряжении сети 220/127 В.

У многоскоростных электродвигателей обмотка каждой фазы обычно состоит из двух одинаковых частей, в одной из которых при переключении с последовательного на параллельное соединение изменяется направление тока.

Выводам обмоток статора машин переменного тока присваивают букву С, выводам обмоток ротора — букву Р. В трехфазном статоре начала обмоток обозначают: первой фазы — С1, второй — С2, третьей — С3, концы обозначают соответственно — С4, С5, С6. При соединении обмоток звездой их выводы обозначают соответственно: первой фазы — С1, второй — С2, третьей — С3, нулевой точки — 0.

Выводам обмоток ротора присваивают обозначения: Р1 — первой фазы, Р2 — второй фазы, Р3 — третьей фазы.

У многоскоростных электродвигателей перед буквой вывода добавлена цифра, указывающая число полюсов. Например, для трехфазного двигателя при переключении обмоток с двух полюсов на четыре их выводы маркируют соответственно 2С1, 2С2, 2С3, 4С1, 4С2, 4С3.

У двигателей однофазных начало главной обмотки маркируют С1, а конец — С2, начало пусковой обмотки П1, конец — П2.

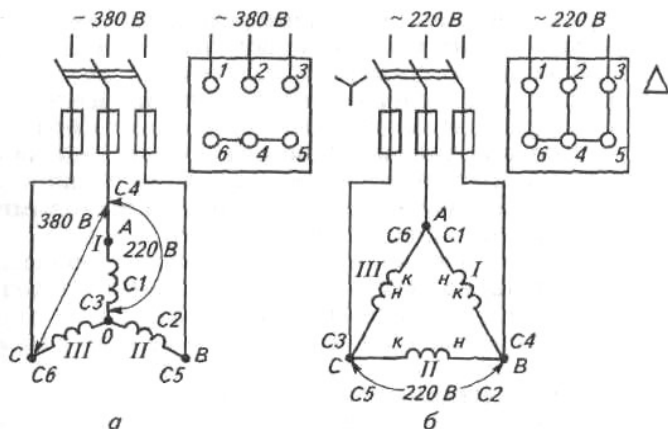


Рисунок 13.1 – Схемы включения обмоток статора трехфазного двигателя:

а — в звезду; *б* — в треугольник; *C1 C2, C3* — начало обмотки («); *C4, C5, C6* — конец обмотки (κ); *I, II, III* — соответственно первая, вторая и третья обмотки *A, B, C* — фазы; *1...6* — клеммы

13.1 Техническое обслуживание электродвигателей

Основная цель технического обслуживания – профилактика и своевременное обнаружение неисправностей. Если обнаруженные дефекты не являются крупными и серьезными, принимается решение об их устранении на месте в ходе ТО. Для производства крупного и ответственного ремонта двигателя доставляются в специально оборудованный электроцех.

Отсутствие своевременного ТО чревато для двигателя неисправностями, своевременное устранение которых может привести к выходу приводимого механизма в негодность, что можем привести к значительному ущербу технологии и производству в целом. Так же устранение неисправностей может занять много времени и сил. Могут возникнуть механические повреждения материала статора, обмотка двигателя может прийти в полную негодность, может случиться возгорание в рабочей полости двигателя.

Перечень работ при ТО согласуется с главным инженером или главным энергетиком предприятия. При определении периодичности проведения ТО асинхронных двигателей решающее значение имеют условия работы: влажность окружающего воздуха, температура, запыленность помещения и интенсивность работы.

При техническом обслуживании дежурный персонал постоянно следит за нагрузкой и вибрацией электродвигателей, температурой и наличием смазки в подшипниках, отсутствием ненормальных шумов и искрения под щетками. Дежурный персонал также производит наружный осмотр и очищает электродвигатель от пыли и загрязнений. Периодические осмотры электродвигателей производят по графику, установленному главным инженером предприятия. Осмотры планируют тем чаще, чем тяжелее условия работы и чем более изношены электро-двигатели. К тяжелым условиям работы относятся: большая продолжительность или высокая частота пусков, высокая температура или запыленность окружающей среды. Квалификационная группа лица, производящего осмотр, должна быть не ниже III. Целью осмотров является определение технического состояния электродвигателя и выявление объема работ, которые должны быть выполнены при очередном ремонте. Кроме того, при осмотре производят техническое обслуживание подшипников, колец, щеток и выполняют мелкий ремонт без разборки машины. Состав работ при осмотрах и техническом обслуживании асинхронных электродвигателей приведен в таблице.

Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий (ППРЭсх) устанавливает периодичность технического обслуживания и ремонтов основного электрооборудования в зависимости от характера среды, в которой оно работает. Например, для асинхронных электродвигателей при двухсменной работе в сухом помещении периодичность технического обслуживания составляет 45 дней, для влажного помещения – 30 дней, для сырого – 15 дней, для особо сырого – 15 дней и для особо сырого с химически актив-

ной средой – 10 дней, периодичность текущих ремонтов — 12, 6, 6, 6 и 6 месяцев и капитальных ремонтов — 6, 5, 5, 5 и 4 года. При этом одновременно с техническим обслуживанием и текущим ремонтом электродвигателей проводят техническое обслуживание и ремонт их аппаратуры управления и защиты.

Генераторы зарядных станций (многоамперные низковольтные постоянного тока), работающие в помещении, имеют периодичность ремонтных работ 15 дней, 4 месяца и 3 года. Техническое обслуживание электропроводок в чистых помещениях с нормальной средой проводят один раз в 6 месяцев, а в сырых, пыльных и пожароопасных помещениях — один раз в 3 месяца. Один раз в 3 месяца проводят техническое обслуживание надземной части заземляющих устройств.

При односменной работе электрооборудования система ППРЭсх рекомендует приведенные данные по периодичности технического обслуживания и ремонтов умножать на коэффициент 1,4, а при трех сменах — на 0,6. Рекомендуются очищать и продувать электрооборудование, работающее в тяжелых условиях, без его разборки через 10...20 рабочих смен, а работу с подшипниками совмещать с техническим обслуживанием или плановыми ремонтами.

При эксплуатации нового электрооборудования сельскохозяйственного назначения рекомендуется руководствоваться инструкциями заводов-изготовителей.

13.2 Порядок проведения периодических осмотров

Техническое обслуживание асинхронного электродвигателя следует начинать с его подробного внешнего осмотра. В первую очередь определяется наличие очевидных неисправностей. Корпус двигателя следует очистить от грязи и пыли при помощи стальной щетки. Он не должен иметь сколов и повреждений. Из-за вибраций и динамических нагрузок, а также при неровностях и дефектах монтажной площадки, нередко случается, что одна из монтажных «лап»

откалывается. Такой двигатель выбраковывается и не допускается к дальнейшей эксплуатации.

В обязательном порядке следует проверить наличие крышки клеммной коробки, а также крышки, закрывающей роторные выводы у двигателей с фазным ротором. Эти крышки должны закрываться плотно, без зазоров. Их смятия и повреждения не допускаются.

Каждый асинхронный электродвигатель должен иметь на корпусе шильдик – табличку с информацией о номинальных параметрах. Необходимо контролировать читаемость всех надписей на шильдике и, при необходимости, восстанавливать их.

13.3 Освоение приемов измерения сопротивления изоляции обмоток

На данном этапе при помощи мегаомметра проверяется сопротивление изоляции статорных обмоток, а для двигателей с фазным ротором – и обмоток ротора. Электрическое сопротивление изоляции статорных обмоток проверяется относительно корпуса двигателя и относительно друг друга, а сопротивление обмоток ротора – относительно рабочего вала. При рабочей температуре нормальным считается сопротивление изоляции обмоток 0,5 МОм или более. На практике же сопротивление изоляции исправных электродвигателей исчисляется десятками МОм.

Далее необходимо измерить сопротивление статорных обмоток постоянному току. Сопротивления пофазно должны быть одинаковыми, это косвенно свидетельствует об отсутствии межвитковых коротких замыканий. Для этого измерения лучше пользоваться не мультиметром, а прибором с более высоким классом точности, поскольку сопротивление обмоток на постоянном токе исчисляется долями Ом.

Измерение сопротивления изоляции.

Измерить сопротивление изоляции электрической машины или оборудования, это значит проверить на сколько изолированы друг

от друга изучаемые объекты, например, измерить сопротивление изоляции обмоток асинхронного электродвигателя относительно корпуса означает замерить сопротивление между обмотками и корпусом, для этого берут мегаомметр и один щуп присоединяют к проводниковому материалу обмотки (меди) а второй присоединяют на корпус электродвигателя. В данном конкретном случае проверяют на сколько токоведущие части обмоток изолированы от корпуса.

Измерение сопротивления изоляции обмотки статора напряжением до 1кВ производится мегаомметром на напряжение 1000В. Величина сопротивления изоляции должна быть не менее 0,5МОм при температуре 10-30 °С.

Измерение сопротивления изоляции обмотки ротора синхронного электродвигателя и электродвигателя с фазным ротором производится мегаомметром на напряжение 500 В. Величина сопротивления изоляции должна быть не менее 0,2 МОм при температуре 10-30°С (допускается не ниже 2 кОм при +75 °С или +20°С для неявнополюсных роторов).

Измерение сопротивления изоляции встроенных температурных индикаторов производится мегаомметром на напряжение 250 В. Величина сопротивления изоляции не нормируется.

Измерение сопротивления изоляции подшипников синхронных электродвигателей напряжением выше 1кВ производится мегаомметром на напряжение 1000В. Измерение выполняется относительно фундаментной плиты при полностью собранных маслопроводах. Величина сопротивления изоляции не нормируется.

Измерение сопротивления изоляции обмоток статора электродвигателей напряжением выше 1кВ производится с помощью мегаомметра на напряжение 1000-2500 В. Мегаомметры напряжением 2500 В применяют для измерения сопротивления изоляции обмоток статоров крупных электродвигателей переменного тока с напряжением 6 кВ и выше.

Методика измерения сопротивления изоляции представлена в испытание изоляции электрооборудования повышенным напряжением.

После окончания измерений сохранившийся на обмотке потенциал высокого напряжения следует разрядить путем замыкания ее на корпус, предварительно соединенным с корпусом. Продолжительность разряда для обмоток с номинальным напряжением 3 кВ и выше должны быть не менее 15 с для электродвигателей до 1000 кВт и 60 с для электродвигателей больше 1000 кВт,

Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса электродвигателя и между обмотками производят поочередно для каждой электрически независимой цепи при соединении всех прочих цепей с корпусом электродвигателя.

Для измерения сопротивления изоляции обмоток при помощи аналогового мегаомметра со встроенным генератором (рисунок 13.2) необходимо вскрыть клеммную коробку электродвигателя и подсоединить два провода, идущие от клемм «Э» и «Л» мегаомметра, к концам фазных обмоток с маркировкой С1 и С2, затем — к концам С1 и С3, после чего — к С2 и С3.

Вращая рукоятку прибора со скоростью 120 об/мин, необходимо каждый раз выждать не менее 60 с, после чего записать результат измерения.

После этих трех измерений провода от клеммы «Э» мегомметра подключаются к корпусу электродвигателя, а от клемм «Л» поочередно к концу обмотки С1, затем к С2 и, наконец, к С3 и производятся измерения. Первые три измерения определяют сопротивление изоляции между обмотками двигателя, а последние три — сопротивление изоляции между обмотками и корпусом. Сопротивления изоляции для статоров асинхронных электродвигателей до 1 кВ должно быть не менее 1 МОм при температуре 10–30 °С, напряжение мегаомметра — 1000 В.

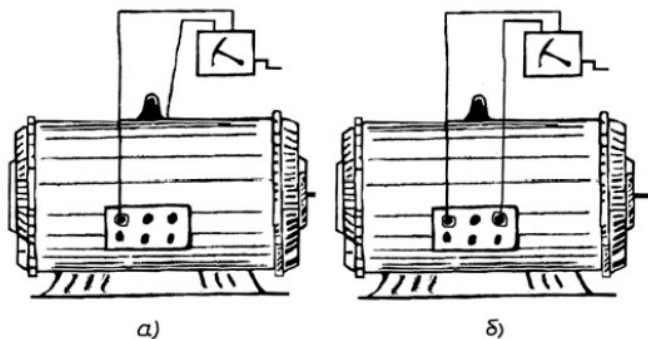


Рисунок 13.2 – Измерение сопротивления изоляции обмоток
трехфазного

асинхронного электродвигателя:

а – между фазной обмоткой и корпусом; б – между обмотками

Измерения при помощи цифровых мегаомметров либо аналоговых с питанием от сети производят согласно инструкции прибора. В случае недостаточности величины сопротивления изоляции рекомендуется произвести сушку изоляции электродвигателя.

В данной лабораторной работе сопротивление изоляции и сопротивление постоянному току статорных обмоток асинхронного электродвигателя выполняем измерителем сопротивления изоляции МИС–3.

При эксплуатации данного прибора необходима соблюдать следующие правила:

- *Измеритель МИС-3 предназначен для измерения сопротивления изоляции, сопротивления защитных и уравнительных соединений, а также постоянного и переменного напряжения. Любое другое использование, кроме указанного в настоящем руководстве, может вызвать повреждение прибора и стать причиной серьезной опасности, грозящей потребителю.*
- *При измерении сопротивления изоляции на контактах измерительных проводов измерителя МИС-3 наблюдается опасное напряжение до 1 кВ.*

- Перед началом измерения необходимо выбрать соответствующую измерительную функцию и проверить, подключены ли провода к соответствующим измерительным гнездам.
- Перед измерением сопротивления защитных соединений и сопротивления изоляции необходимо убедиться в том, что объект отключен от сети питания.
- Во время измерения сопротивления изоляции запрещается отключать провода от объекта до конца измерения. В противном случае емкость объекта не будет разряжена, что грозит поражением.

Внешний вид измерителя сопротивления (рисунок 13.3):

1. Измерительное гнездо **R_{iso}** – контакт преобразователя высокого напряжения для измерения сопротивления изоляции.
2. Измерительное гнездо **U, R, E** – измерительный контакт для измерения постоянного или переменного напряжения и измерения сопротивления низким напряжением. Гнездо для подключения дополнительного провода при измерении сопротивления изоляции по методу трех клемм.
3. Измерительное гнездо **COM** – общий контакт измерителя, доступен для всех видов измерений.
4. Кнопка **Включения / Отключения** прибора.
5. Кнопка начала измерения.
6. Вращательный переключатель выбора функций:
R_{iso} – измерение сопротивления изоляции,
U_~ – измерение постоянного и переменного напряжения,
R_~ – измерение сопротивления низким напряжением со звуковой сигнализацией,
R_{CONT} 200mA – измерение сопротивления защитных и уравнительных соединений током > 200mA.
7. Кнопка U_{iso} – выбор одного из трех уровней измерительного напряжения.

8. Кнопка $R_{\text{CONT}}^{\text{"ZERO"}}$ – зануление омметра при измерении непрерывности цепи током $> 200\text{mA}$.

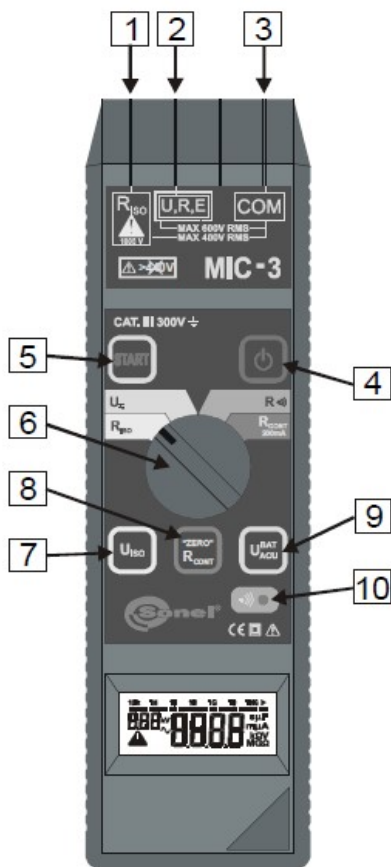


Рисунок 13.3 – MIC-3 (лицевая панель)

9. Кнопка $R_{\text{ACU}}^{\text{BAT}}$ – определение значения напряжения батареи питания.
10. Диод LED – сигнализация значения сопротивления, измеряемого низким напряжением.

Схема проведения измерений:

Перед началом измерения подключите клеммы в гнезда **COM** и **U, R, E**; включите прибор нажав кнопку 4; переведите переключатель 6 в положение R_{CONT} ; сомкните клеммы и нажмите кнопку 8 – этими действиями вы выполните отладку прибора и обнулите значение сопротивления клемм, тем самым последующие измерения будут более точными.

Подключаем клеммы прибора в соответствующие гнезда (например для измерения сопротивления изоляции обмоток, клеммы нужно подключить в гнезда **COM** и **R_{ISO}**), подключите клеммы к соответствующим выводам обмоток, переведите переключатель 6 в положение R_{ISO} , нажмите кнопку 5. На ЖКИ появится значение сопротивления изоляции.

На ЖКУ мониторе (рисунок 13.4) отображаются следующие режимы и ошибки:

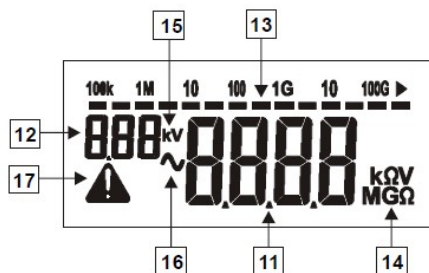


Рисунок 13.4 – Жидкокристаллический дисплей измерителя MIC-3

11. Главное поле – фиксация результатов измерения.
12. Дополнительное поле – фиксация.
13. Барграф со шкалой в единицах сопротивления.
14. Единица и вид фиксируемого значения:
В – Вольт
Ω, kΩ, MΩ, ГΩ омы, килоомы, мегаомы, гигаомы – Сопротивление.
15. Единицы измерительного напряжения.
16. Символ ~ обозначает измерение переменного напряжения.

17. символ сигнализирует наявность опасного измерительного напряжения на контактах измерительных проводов прибора.
18. **OFL** – превышение измерительного диапазона.
19. **UDET** – наявность постоянного напряжения более 2В или переменного более 20В в объекте измерения при установленной измерительной функции R_{ISO} , наявность постоянного или переменного напряжения более 6,0В или менее -0,1В в объекте измерения при установленной измерительной функции R_{∞} или R_{CONT}
20. **HILE** – чрезмерный ток утечки (недостаточное сопротивление изоляции или пробой изоляции во время измерения).
21. **Err** –разрыв измерительной цепи во время измерения защитных или уравнительных соединений
22. - - - - - – отсутствие результата измерения непрерывности (измерение еще не выполнено или как раз выполняется).
23. **TEST** – проведение прибором автотеста после включения питания.
24. **ErU** – наявность переменного напряжения порядка 2...20В при постоянном напряжении менее 2В в объекте измерения при установленной измерительной функции R_{ISO} .
25. **BAE** – символ, информирующий о фиксации напряжения элементов питания в главном поле дисплея
26. **Con** – символ, информирующий о том, что ток измерения непрерывности цепи превышает 200мА

Проверка правильности соединений выводов обмоток электродвигателей сводится к определению начал и концов каждой из них. Полярность выводов трехфазных электродвигателей проверяют не-

сколькими способами, наиболее распространенные из которых приведены ниже.

Вначале определяют выводы каждой обмотки в отдельности с помощью мегаомметра, моста, пробника УП-71, ПУ-82 или мультиметра в режиме «прозвонки». На любой вывод обмотки подключают выбранный прибор, а с помощью второго начинают икать, на каком из выводов прибор покажет значение, а в случае с мегаомметром – нуль. Найденные в результате проверки выводы и будут выводами конкретной фазной обмотки.

Для проверки правильности соединений выводов (концы с концами в случае схемы соединения «звезда») используют источник постоянного тока (аккумулятор или сухой элемент) и вольтметр постоянного тока (милливольтметр или гальванометр).

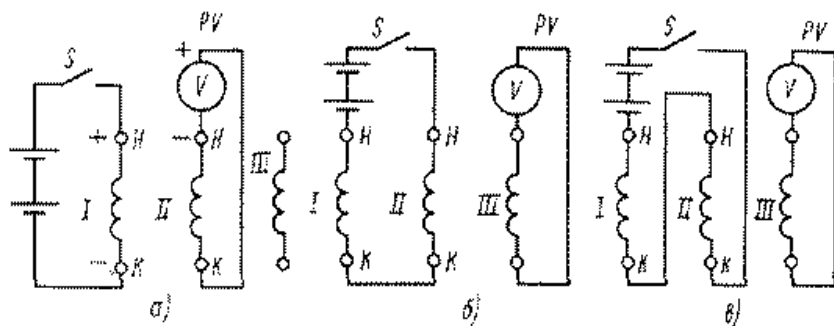


Рисунок 12.30 – Схемы проверки выводов обмотки статора с помощью источника постоянного тока: а—подключение к источнику одной обмотки, б, в — подключение к источнику двух обмоток, I, II, III обмотки, К, Н концы и начала обмоток

Схемы проверки выводов обмотки показаны на рисунке 12.30. К одной из обмоток кратковременно подключают источник питания, к двум другим — поочередно вольтметр (рисунок 12.30, а), чтобы в момент подачи напряжения от источника питания стрелка отклонилась вправо. При этом «+» батареи и «-» вольтметра соединены с одноименными выводами обмоток. Маркировку выводов проверяют попарным включением обмоток. Две обмотки включают последова-

тельно и кратковременно подключают к источнику питания. К третьей обмотке подсоединяют вольтметр. Если две обмотки соединены последовательно одноименными выводами (рисунок 12.30, б), стрелка вольтметра при включении выключателя S не будет отклоняться. При соединении обмоток разноименными выводами (рисунок 12.30, в) в момент включения и отключения выключателя S стрелка вольтметра отклоняется. Так же определяют соответствие выводов третьей обмотки с выводами первой или второй.

Проверку полярности выводов можно выполнить на переменном токе (рисунок 12.31). Соединяют последовательно две обмотки, а к третьей обмотке подключают вольтметр PV или лампу накаливания. При соединении между собой одноименных выводов вольтметр имеет показания, близкие к нулю (рисунок 12.31, а).

Установив одноименные выводы первой и второй обмоток, повторяют проверку, соединяя между собой первую и третью обмотки и подключая вольтметр ко второй для определения полярности выводов третьей обмотки. При соединении двух обмоток разноименными выводами вольтметр покажет наличие напряжения на третьей обмотке (рисунок 12.31, б). Проверку полярности выводов обмоток выполняют на пониженном 5—10% U ном напряжении.

Правильность соединений отдельных частей составной обмотки проверяют по схеме, показанной на рисунке 12.32. Подавая переменный ток в одну часть обмотки, по наибольшему из измеренных напряжений находят другую часть обмотки, принадлежащей этой же фазе (рисунок 12.32, а). Так же определяют части обмоток, принадлежащие остальным двум фазам.

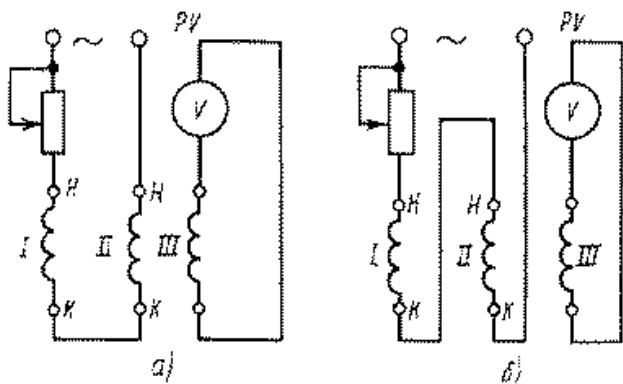


Рисунок 12.31 – Схемы проверки выводов обмотки статора с помощью источника переменного тока:

а – подключение к источнику одной обмотки, *б* – подключение к источнику двух обмоток

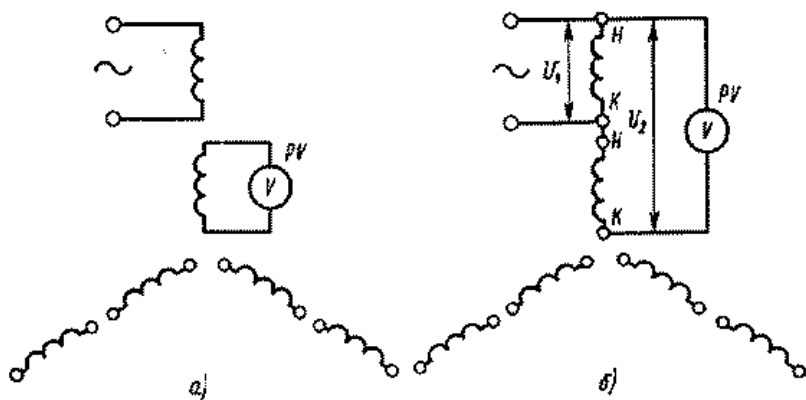


Рисунок 12.32 – Схемы проверки соединений составных частей обмотки: *а* – определение составных частей обмотки, *б* – определение полярности обмоток

После произведения измерений двигатель подключается к сети, его крышки закрываются. Двигатель включается в работу на холо-

стом ходу. Проверяется отсутствие вибраций, биений рабочего вала, пофазно измеряются и соотносятся друг с другом токи холостого хода. Рукой проверяется наличие/отсутствие нагрева корпуса двигателя в течение как минимум 15 минут работы.

Некоторое повышение температуры является нормой, и допустимая его степень определяется классом нагревостойкости изоляции. Так же необходимо при испытании обращать внимание на «гул» электродвигателя, который свидетельствует о излишней нагрузке либо неполнофазном режиме работы.

Только после этого двигатель соединяется с трансмиссией рабочего механизма и включается в работу под нагрузкой. Техническое обслуживание можно считать выполненным.

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

Перегрев двигателя сверх допустимых температур в течение длительного времени резко сокращает срок службы изоляции обмоток и может привести к ее повреждению и аварии. Двигатель может нагреваться и от перегрузки током при неисправности контролирующего амперметра. Поэтому, если обнаружено во время осмотра такое нарушение в работе, следует проверить другим контрольным

амперметром ток двигателя и, в случае его превышения по сравнению с номинальным, снизить нагрузку. Меры по снижению температуры электродвигателя принимают в зависимости от причин, вызывающих перегрев.

13.4 Осмотр электродвигателя, определение его технического состояния

Помимо внешнего осмотра, рассмотренного в п.13.2, при выполнении технического обслуживания необходимо провести осмотр внутренних частей, для этого двигатель необходимо отсоединить от трансмиссии: снять приводной ремень, цепь или полумуфту. После этого следует провернуть вал вручную. Он должен проворачиваться с усилием, обусловленным только инерцией ротора, посторонние звуки, скрежет и хруст должны отсутствовать.

Следует вскрыть кожух, скрывающий крыльчатку двигателя (при закрытом исполнении). Крыльчатка не должна болтаться, иметь люфты в любом направлении, стопорный винт должен быть затянут.

Вал двигателя не должен перемещаться в радиальном и осевом направлениях, а звездочка или шкив на валу должны быть закреплены надежно и не болтаться. Все болтовые соединения должны быть протянuty, а резьба не должна быть сорвана. Дефектные детали и элементы крепежа подлежат замене.

Далее необходимо вскрыть крышки подшипниковых узлов. Состояние подшипников и подшипниковых гнезд определяется визуально. Исключаются трещины, сколы колец подшипника, неправильное его положение относительно вала (перекос). Перед закрытием подшипниковый узел набивается смазкой (маслом или специальной консистентной смазкой). Контроль наличия и состояния смазки в подшипниковых узлах вообще рекомендуется производить ежемесячно.

Для корректной работы двигателя все подшипники следует содержать в чистоте и применять только качественную смазку для подшипников.

Чтобы избежать проникновения частиц пыли и грязи, крышки подшипников и крышки на торце вала двигателя тщательно закрывают. Иначе может произойти вытекание масла или подшипниковой смазки из узла, ее дальнейшего растекания и попадания на обмотку двигателя.

Что до состава смазки - в ее состав не должна входить кислота или смола, ведь пенообразование в процессе эксплуатации подшипников недопустимо. Если же пена появилась – требуется добавить новое масло, либо полностью его заменить. В качестве указателей масла выступают контрольные отверстия – перед тем как долить масло, отверстия нужно открыть. Вы видите масло в специальном отверстии? Значит, все нормально, электродвигатель функционирует правильно.

Предписывается дважды за смену осматривать сам подшипник и состояние смазки для подшипника - как вращаются кольца и соблюдена ли чистота смазочного материала, как сильно нагревается подшипник.

А как определить заранее, что смазка теряет свои свойства? На утрату свойств смазки подшипника электродвигателя указывают такие изменения: снижение вращения, нагревание или расплавление подшипника. Замена смазочного материала должна производиться после его загрязнения и сгущения: раз в несколько месяцев (4-6), исходя из состояния.

Более частую замену нужно осуществлять, если подшипники работают в экстремальных условиях: высокие температуры, пыль и пр. Тогда масло нужно доливать спустя 300 рабочих часов.

Прежде, чем проводить замену масла нужно:
провести промывку подшипника керосином,
провести продувание воздухом,
промывание подшипника маслом,

заливка свежего масла.

Уход за подшипниками качения (шариковыми, роликовыми) ровно такой же, что и уход за подшипниками скольжения - соблюдение чистоты механизма, применение соответствующей смазки для подшипников электродвигателя.

Прежде, чем запустить двигатель нужно посмотреть, есть ли смазка в подшипниках электродвигателя - смазка не должна занимать более $2/3$ от объема камеры. Последующую проверку и замену смазки нужно осуществлять по необходимости – при ремонте или ориентируясь на состояние смазки.

Производя замену смазки - промойте подшипники. Снимите крышки с торца, возьмите чистый бензин для очистки от старой смазки. После промывания подшипника, его нужно высушить при помощи сжатого воздуха.

О набивке смазки. Эта процедура проводится вручную, с помощью деревянных или металлических лопаточек. Надо ли говорить, что они непременно должны быть чистыми. Смазкой наполняются кольцевые углубления, обращенные к подшипнику, лучше всего около $1/3$ нижнего пространства заполнить смазкой для подшипников электродвигателя. Также по диаметру забивается смазка в область между шариками и обоймами.

Применять нужно только качественную и сертифицированную смазку. В линейке смазочных материалов Molykote или их аналогов есть большой выбор смазок для подшипников электродвигателей:

смазка для высокоскоростных подшипников электродвигателей: Molykote BG-20, Molykote BG-555.

смазка для подшипников электродвигателей компрессорных систем: Molykote BR2 plus.

смазка для подшипников электродвигателей оборудования пищевой промышленности: Molykote G-4500, Molykote HP-300.

смазка для подшипников электродвигателей оборудования деревообрабатывающей промышленности: Molykote 1292.

смазка для подшипников электродвигателей оборудования химической промышленности: Molykote HP-870, Molykote 1292.

смазка для подшипников электродвигателей, работающих в условиях повышенных температур: Molykote G-4700, Molykote HP-870, Molykote FB-180.

Итак, забивка смазки завершена. Но праздновать завершение смазывания рано. Сначала элементы подшипника собираются и испытываются: сперва легко ли вращается при ручном движении, а после этого на протяжении 15 минут двигатель запускают на холостом ходу. Если с подшипником все нормально, то слышится только монотонный жужжащий звук и никаких посторонних ударов и стуков.

Соответствие масла для двигателей оценивается его вязкостью.

Вязкость масла определяется при температуре 50°C, поскольку после этой отметки вязкость снижается медленно, и можно увидеть, насколько быстрее потечет эта жидкость по сравнению с равным объемом воды.

Исходя из мощности электродвигателя, применяются разные виды масел:

масло для электродвигателей мощностью до 100 кВт (подшипники скольжения) - веретенное масло с вязкостью 3,0 – 3,5 градусов;

масло для двигателей, скорость вращения которых составляет 250 – 1000 об/мин (подшипники с принудительной циркуляцией) – утяжеленное турбинное масло;

масло для двигателей, скорость вращения которых составляет более 1000 об/мин (подшипники с принудительной циркуляцией) – легкое турбинное масло.

При эксплуатации любого подшипника могут случиться поломки, ликвидировать которые возможно такими способами:

В случае перегрева подшипников скольжения:

Неисправность: перегрев подшипников оборудования с кольцевой смазкой может произойти из-за медленного вращения колец (некорректная форма колец, малое количество масла) или их оста-

новки (очень густое масло). Тогда все говорит о недостаточной подаче масла.

Как решить проблему: очень густое масло следует сменить, если масла стало мало - долить до нужного уровня (согласно масляному указателю).

Неисправность: подшипники также могут перегреваться от загрязнения и проникновения мусора в масляный фильтр или маслопровод. Кроме того, само масло тоже не застраховано от загрязнения.

Как решить проблему: промывка всей масляной системы, очищение масляных камер, замена масла, уплотнение подшипников.

Неисправность: несоответствующее масло для двигателя, неверная заливка вкладышей, осевое давление на подшипники.

Как решить проблему: применять исключительно эффективные масла и качественно заливать вкладыши.

Если масло брызжет и течет из подшипников с кольцевой смазкой...

Неисправность: чрезмерное количество масла брызжет и течет вдоль вала.

Как решить проблему: залить масло до риски масляного указателя в подшипник, при работе смазочные кольца забирают часть масла и его уровень уменьшится.

Неисправность: малое уплотнение подшипника, увеличенные зазоры в торцах вкладышей или слишком малые отверстия для стока в низу вкладышей - это потенциально может способствовать попаданию масла в двигатель.

Как решить проблему: при помощи латунной шайбы добиться уплотнения подшипника, тщательно подогнав ее к валу.

Масло или его пары оказались внутри двигателя.

Неисправность: из-за влияния вентилятора масляные пары (или самое масло) могут попасть из подшипника внутрь механизма - возможность загрязнения растет, если подшипники расположены внутри корпуса механизма.

Как решить проблему: добиться разрежения в участке вентилятора, чтобы масло засасывалось. Ликвидировать дефекты в подшипнике и уплотнить стыки между статором и щитами подшипников.>

В случае неисправностей подшипников качения...

смазка подшипника электродвигателя
Неисправность: перегрев подшипников от некорректной сборки, чрезмерно плотной посадки внешнего кольца подшипника или оттого, что температурное расширение вала не учитывается в процессе эксплуатации – отсутствует зазор подшипника.

Как решить проблему: поместить прокладку между корпусом и крышкой подшипника или выточить сторону крышки.

Неисправность: наличие в подшипнике избыточной смазки или несоответствующей для использования в этом узле.

Как решить проблему: применять эффективную и подходящую смазку.

2. Внешний осмотр и оценка состояния электрической части

Для оценки состояния статорных выводов и токосъемного устройства ротора, крышки двигателя вскрываются. Изоляция статорных выводов должна иметь быть целой, без трещин и повреждений, в противном случае изоляцию необходимо восстановить при помощи изоленды и киперной ленты. Клеммная колодка, при ее наличии, не должна быть оплавлена или повреждена – в противном случае она подлежит замене.

Наконечники статорных выводов могут быть окислены или иметь на поверхности нагар – это признак плохого электрического контакта. При наличии подобных дефектов наконечники следует зачистить до металла и вновь соединить обмотки по необходимой схеме. Полость клеммной коробки двигателя следует аккуратно очистить от пыли и грязи.

Остаточная величина токосъемных роторных щеток двигателей с фазным ротором должна быть не менее 4 мм. Их контактная поверхность должна быть ровной и плотно прилегать к токосъемному

кольцу. Сколы и трещины на щетках исключаются. Дефектные щетки подлежат замене. Перед установкой они шлифуются под поверхность токосъемного кольца при помощи стеклянной бумаги.

Токосъемные кольца следует очистить от пыли и грязи при помощи ветоши, смоченной в керосине. Задиры, повреждения токосъемных колец не допускаются. Причиной возникновения таких дефектов может быть не замеченный вовремя предельный износ щеток.

Напоследок необходимо проконтролировать состояние заземляющего проводника электродвигателя. Его жилы должны быть целыми, без повреждений, а болтовые крепления наконечников должны быть надежно затянуты.

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

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

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

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

Измерение вибрации в вертикальном направлении (рисунок 13.5) производят прикрепляя виброметр с инерционной массой к жесткой пластине 7, которую присоединяют к стойке подшипника 2 болтом 3, а штифт виброметра устанавливают вертикально в направлении измерения вибрации. Затем винтами освобождают инерционную массу и производят отсчет показаний. Ширина отклонения стрелки индикатора представляет амплитуду вибрации или двойную амплитуду колебания.

Если виброметр установить так, что плоскость циферблата его будет перпендикулярна оси вала, а штифт направить горизонтально, то виброметром можно измерить горизонтально-поперечную вибрацию (рисунок 13.5 б). Если нужно измерить продольную (горизонтально-осевую) вибрацию, то плоскость циферблата индикатора направляют параллельно оси вала, а штифт — горизонтально, как показано на рисунке 13.5, в.

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

Рисунок 13.5 – Измерение вибрации в трех направлениях

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

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

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

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

Испытания повышенным напряжением проводят в течение 1 мин напряжением $0,8(2U_{H0M} + 3)$ В. Если сопротивление изоляции обмоток ниже нормы, то обмотки очищают от пыли и грязи, протирают бензином, холодным четыреххлористым углеродом и после просушки покрывают изоляцию слоем лака. Электродвигатель сушат обычно в неподвижном состоянии одним из следующих способов: горячим воздухом от воздухоудовки, токами короткого замыкания или индукционными токами в стали статора.

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

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

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

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

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

Статоры машин переменного тока с рабочим напряжением: выше 1000 В — 1 МОм на 1 кВ рабочего напряжения до 1000 В - 0,5 МОм на 1 кВ; Якоря машин постоянного тока напряжением до 750 В — 1 МОм на 1 кВ; Роторы асинхронных и синхронных электродвигателей, включая цепь возбуждения — 1 МОм на 1 кВ, но не ме-

нее 0,2—0,5 МОм Электродвигатели напряжением 3000 В и более
Статоры — 1 МОм на 1 кВ Роторы — 0,2 МОм на 1 кВ.

13.5 Освоение приёмов определения перегрева корпуса электродвигателя и подшипников

Нагрев электродвигателя и подшипниковых щитов можно определить двумя способами: контактным и без контактным. Контактный способ заключается в прикосновении термометра и поверхности. Без контактное измерение проводят с помощью ИК-термометров (пирометров) и тепловизоров.

Если двигатель перегревается или перегревался, то на поверхности его корпуса будут видны отслаивания и разрушения лакокрасочного покрытия. Если «греются» подшипники, то разрушение лакокрасочного покрытия будут видны на подшипниковых щитах на посадочных местах подшипников.

13.6 Уход за ременной передачей

По сравнению с цепными передачами (с постоянной проблемой смазки), или зубчатыми передачами (с проблемами технического характера и высокой стоимостью), ременные приводы являются наиболее экономичным и надежным средством передачи мощности. В каждом ремне заложен потенциал на длительный срок службы. Но срок службы ремня напрямую зависит от правильной установки и надлежащего обслуживания ремней. Вот почему важно проводить планово-предупредительное техническое обслуживание.

Предупредительное техническое обслуживание возможно только тогда, когда известны причины и характеристики неисправности ремней. Наибольшее число выходов из строя вызвано именно ненадлежащим обслуживанием. Большое количество приводов подвержены влиянию неправильно выставленного натяжения, а помимо этого на работоспособность привода сильно влияет перекос шкивов друг относительно друга. Другая распространенная причина — это неверная конструкция привода. Например: неверный выбор

сочетания ремень/шкив, некорректное использование натяжных устройств и т.п. Существует, также, еще один, не настолько важный, но тем не менее существенный фактор: воздействие окружающей среды. Химические реагенты и нефтепродукты могут размягчить резину и разрушить ее. Высокая температура, наоборот, делает резину твердой и хрупкой. А пыль или песок значительно ускоряют износ ремней и шкивов. И наконец, некоторые ремни выходят из строя под влиянием других неисправных компонентов привода. Большинство из вышеперечисленных проблем можно избежать при правильном планово-предупредительном техническом обслуживании.

Техническое обслуживание разделяется на два вида: короткие, регулярные профилактические осмотры и полные осмотры, с более продолжительной остановкой оборудования. Для критических приводов краткий визуальный и шумовой осмотр необходимо выполнять раз в 1-2 недели. Для большинства приводов такой осмотр можно выполнять один раз в месяц. Остановка привода для полного осмотра ремней, шкивов и других узлов может потребоваться раз в 3-6 месяцев. Следующие факторы могут также повлиять на частоту осмотров привода: рабочая скорость привода, рабочий цикл, критичность самого оборудования, колебания температуры окружающей среды, факторы окружающей среды, доступность оборудования.

Натяжение ремней

Неверное натяжение ремней (слишком высокое или слишком низкое) может стать причиной многих проблем. Если натяжение установлено слишком низким, то это приведет к повышенному износу ремня. Слишком высокое натяжение вызовет преждевременный выход из строя, как ремней, так и шкивов. Влияние натяжения на работоспособность привода до сих пор многими недооценивается. Как слишком большие значения натяжения, так и слишком малые, вызывают значительные потери на трение в передаче, которые трансформируются в нагрев. В крайних случаях такие большие по-

тери на трение могут достигать до 3%-4%; в годовом масштабе этот процент умножается на стоимость клиновых ремней.

Однако установка и контроль необходимого натяжения может до сих пор казаться сложной задачей. Но на самом деле это не так. Существуют различные простые методы измерения натяжения ремней. Механические измерители измеряют силу отклонения ремня под натяжением. Звуковые измерители натяжения, измеряют натяжение, анализируя звуковые волны, возникающие при колебании ремня.

Исполнение ремня

Другой немаловажный аспект при выборе правильного ремня для конкретной области применения – это его исполнение. Правильный выбор соответствующего исполнения позволит существенно снизить эксплуатационные расходы. Очень часто думают, что конкретные шкивы, доступные на рынке, могут одинаково хорошо работать со всеми типами ремней. Конечно же, шкивы малых диаметров могут использоваться со всеми существующими ремнями, но, если не использовать инновационные ремни без обертки боковых граней, потери в приводе будут значительно выше.

Выравнивание шкивов

К выравниванию шкивов ременного привода обычно относятся, как к второстепенному вопросу, однако влияние выравнивания на износ и ресурс привода не так уж мало. Перекосы шкивов могут привести в худшем случае к дорогостоящему простоя оборудования. Правильно выровненные шкивы дают множество преимуществ: меньшие энергозатраты, меньше износ и меньше задиоров на ремнях и шкивах, меньше шум и вибрации, повышенная надежность привода, повышенный срок службы ремней, шкивов и подшипников. Соответственно осмотр шкивов является одним из главных элементов предупредительного технического обслуживания ременных передач. Основные причины перекосов шкивов: неверная установка шкивов на валах, непараллельность валов двигателя и ведомого вала оборудования, наклон шкивов вследствие неправиль-

ного монтажа. Прежде чем проводить повторное выравнивание, необходимо всегда проверять допуски на перекос. Как правило, отклонение шкивов клиноременного привода не должно превышать $1/2^\circ$ (5 мм на каждые 500 мм межосевого расстояния). Чем выше степень перекоса, тем больше вероятность нестабильной работы клинового ремня вплоть до его переворота в канавке шкива.

Самый распространенный способ измерить перекос шкивов – это установка поверочной линейки или струны вдоль механически обработанных поверхностей шкивов.

Состояние шкивов

Сами шкивы также подвергаются износу и имеют определенный срок службы. При предупредительном техническом обслуживании всегда необходимо проверять шкивы на предмет несвойственного износа или явных признаков повреждений. Износ не всегда очевиден. Калибры Gates являются идеальным инструментом для проверки канавок шкивов клиноременных передач.

Технологическая карта планово-предупредительного технического обслуживания:

- Отключите питание мотора привода. Заприте блок управления и повесьте на него табличку с предупреждающим знаком “Выключен для технического обслуживания. Не включать электропитание.”
- Установите все компоненты машины в безопасное (нейтральное) положение.
- Снимите и осмотрите ограждение. Проверьте признаки износа или трения о детали привода. Очищайте ограждение по мере необходимости.
- Осмотрите ремни на предмет износа и повреждений. При необходимости замените их.
- Осмотрите шкивы на предмет износа и повреждений. При необходимости замените их.

- Осмотрите другие узлы привода: подшипники, валы, крепёж электродвигателя и направляющие натяжного шкива.
- Осмотрите систему статического проводящего заземления (если используется) и замените компоненты при необходимости.
- Проверьте натяжение ремня и отрегулируйте при необходимости. Перепроверьте шкивы на предмет перекоса. При необходимости устраните перекося.
- Установите на место ограждение ременной передачи.
- Включите питание и перезапустите привод. Смотрите и слушайте, не выявляется ли что-то несвойственное.

Регулировку выполняет слесарь при сборке всей установки, а затем в период эксплуатации при технических уходах.

Конструкция привода позволяет выполнить все возможные регулировки. Они сводятся к установке и последующей фиксации такого взаимного положения шкивов, при котором будут в пределах нормы следующие параметры:

- величина предварительного натяжения ремня;
- непараллельность осей шкивов;
- осевое смещение канавок шкивов.

При недостаточном натяжении ремня усиливается проскальзывание ремня. Это снижает КПД передачи и ускоряет износ ремня по причине его истирания о поверхности шкивов и теплового старения от перегрева. Чрезмерное натяжение также вредно. Оно дополнительно нагружает подшипники передачи и, что самое главное, снижает срок службы ремня от преждевременных усталостных повреждений.

Величина регулируемой силы предварительного натяжения F_0 зависит прежде всего от типа и размера (сечения) ремня и в меньшей степени - от других параметров передачи.

В данной лабораторной работе величину F_0 следует вычислять, исходя из напряжения σ_0 от предварительного натяжения и от площади поперечного сечения ремня A по формуле

$$F_0 = \sigma_0 \cdot A.$$

Значения σ_0 следует брать из нижеследующей таблицы 13.2.

Конструкция ременной передачи не позволяет, как правило, достаточно просто непосредственно измерить предварительное натяжение ремня F_0 . Поэтому при сборке передачи и во время её эксплуатации применяют косвенный метод контроля величины F_0 , когда измеряют стрелу прогиба ремня b под определённой нагрузкой G , приложенной перпендикулярно к ремню в середине его ветви (рисунок 13.6). Метод этот основан на том, что между стрелой прогиба b , нагрузкой G и натяжением ремня F_0 существует определённая зависимость.

Таблица 13.2 – Напряжение σ_0 для ремней разных видов

Виды ремней	Напряжения σ_0 , Н/см ² .
Плоские прорезиненные	180
Клиновые нормальных сечений (типы 0,А,Б,В,Г,Д,Е)	120
Клиновые узкие (типы УО, УА, УБ, УВ)	300-350
Поликлиновые типа: К	10*
Л	50*
М	150*

*Даны не напряжения, а натяжения F_0 на 1 ребро в Н.

Для простейших передач, выполненных по схеме рисунка 13.6 а, зависимость имеет вид:

$$F_0 = G \cdot \frac{a}{4b} - E \cdot A \cdot \frac{b^2}{a^2},$$

где F_0 – предварительное натяжение ремня, Н;

G – нагрузка, приложенная в середине ветви ремня под прямым углом к нему, Н;

a – расстояние между осями шкивов, мм;

b – стрела прогиба ветви ремня от силы G , мм;

E – модуль упругости ремня при растяжении, НУмм²;
 A – площадь сечения ремня, мм².

При практическом использовании формулы в ней оказывается два неизвестных - нагрузка G и стрела прогиба b . Одной из этих величин следует задаваться, а другую вычислять. Обе эти величины в совокупности и составляют норму, которой руководствуются при регулировке предварительного натяжения ремня.

Для ремней поликлиновых в таблице 13.3 даётся рекомендуемая нагрузка G на одно ребро ремня, поэтому остаётся умножить её на число рёбер и вычислить по формуле стрелу прогиба b .

Для ремней плоских и клиновых поступают наоборот: задаются стрелой прогиба b и вычисляют нагрузку G . Величина b должна выбираться не слишком малой (не менее 8-10 мм), чтобы её можно было легко и точно измерить.

Таблица 13.3 – Некоторые параметры поликлиновых ремней, отнесённые к одному ребру ремня

Сечение ремня	Жёсткость $E \cdot A$, Н	Нагрузка G , Н	Предварительное натяжение F_0 , Н
К	8000-10000	2	10
Л	26000-29000	4	50
М	34000-38000	6	150

Если величина G окажется дробной, то её целесообразно округлить до целого числа Н (или даже до целого числа десятков Н) и затем для этой округлённой (номинальной) величины вычислить новое значение b и тоже округлить его до целого числа, мм. Полученные параметры b и G являются нормой для регулирования передачи. Их заносят в тех. требования чертежа в виде пункта, который выглядит, например, так: «Прогиб ремня 12 мм от усилия 40 Н, приложенного в середине ветви».

Параметры b и G измеряют обычно с помощью линейки и пружинного динамометра (рисунок 13.6 б) или посредством специаль-

ного приспособления, принцип действия которого понятен из рисунка 13.6 в.

При расчётах модуль упругости плоских прорезиненных ремней следует принимать $E = 250 \text{ Н/мм}^2$, для клиновых и поликлиновых ремней необходимые сведения приведены в таблицах 13.3 и 13.4.

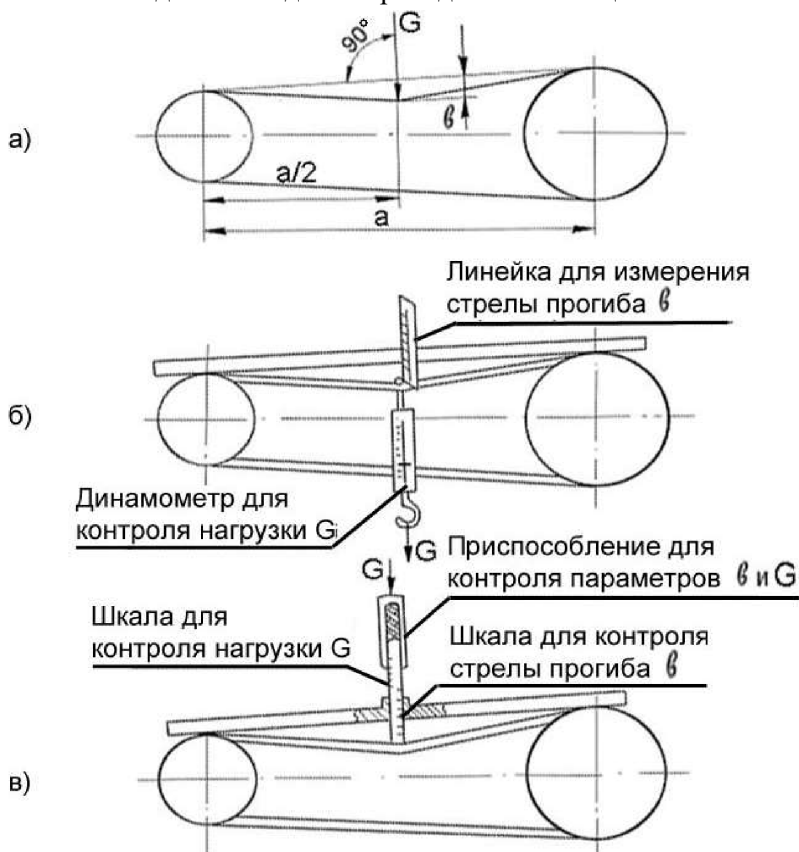
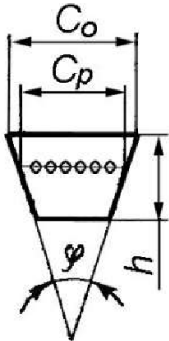


Рисунок 13.6 – Иллюстрация контроля величины предварительного натяжения ремня:

a – схема приложения к ремню нагрузки G для измерения стрелы его прогиба b ; $б$ – контроль величин b и G помощью пружинного динамометра и линейки; $в$ – контроль величин b и G помощью специального приспособления

Таблица 13.3 – Параметры клиновых ремней нормального сечения типов О, А, Б, В и узких ремней типов УО, УА, УБ, УВ

Эскиз	Типы ремней	Значения параметров:				
		C_o , мм	h , мм	C_p , мм	A , мм ²	$E \cdot A$, Н
 $\varphi = 40^\circ$	О	10	6	8,5	47	83 400
	А	13	8	11	81	166 800
	Б	17	10,5	14	138	250 000
	В	22	13,5	19	230	625 000
	УО	10	8	8,5	56	125 000
	УА	13	10	11	93	222 400
	УБ	17	13	14	159	334 000
	УВ	22	18	19	278	625 000

13.7 Определение причин вибрации электродвигателя

Повышенная вибрация резко снижает надежность электродвигателя и прежде всего опасна для его подшипников.

Под воздействием толковых, ударных нагрузок от вибрирующего ротора в подшипниках скольжения может нарушиться масляная пленка и наступить подплавление баббита. В некоторых случаях в баббите появляются трещины и сколы. В подшипниках качения быстро развиваются усталостные явления металла, появляются

трещины, выбоины на рабочих поверхностях качения, разрываются сепараторы.

От воздействия вибрации может также наступить изгиб или излом вала, бочка ротора - оторваться от вала, появиться трещина в станине статора или в торцовой крышке, повредиться опорная рама и фундамент. Повышается и ускоряется износ изоляции обмоток электродвигателя.

Вибрация электродвигателя, превышающая норму, должна быть устранена. Но для этого нужно знать ее причину. Причинами вибрации, которые условно разделяются на две группы, могут быть следующие.

Первая группа

1. Неправильная центровка электродвигателя с механизмом.
2. Неудовлетворительное состояние соединительной муфты: износ пальцев, сухариков, зубцов, несоосность отверстий под пальцы в полумуфтах, небаланс полумуфты или пальцев.
3. Небаланс ротора приводимого механизма, особенно часто встречающийся у дымососов и вентиляторов вследствие износа лопаток.
4. Дефект подшипников приводимого механизма.
5. Дефекты фундамента и фундаментной рамы: разрушение бетона маслом, обрыв сварки на ребрах жесткости рамы, плохое крепление двигателя к раме после центровки и т. д.

Эта группа причин вибрации электродвигателя должна устраняться персоналом, ремонтирующим приводимый механизм, за исключением, пожалуй, устранения дефекта в сварке рамы под электродвигателем, если она одновременно не является рамой механизма.

Вторая группа

1. Небаланс ротора электродвигателя.
2. Образование трещин и обрыв стержней короткозамкнутой обмотки ротора от кольца.
3. Отрыв бочки ротора от вала.

4. Изгиб или излом вала ротора.

5. Слабое крепление отдельных деталей электродвигателя (подшипников, торцовых крышек).

6. Недопустимо большой зазор в подшипниках скольжения, дефекты подшипников качения.

Эта группа причин устраняется персоналом, ремонтирующим электродвигатели.

На практике вибрация иногда вызывается не одной, а несколькими причинами.

При обнаружении повышенной вибрации подшипников электродвигателя желательно замерить ее виброметром или вибрографом, чтобы знать истинную величину.

Не отключая двигателя, следует проверить, не являются ли причиной вибрации слабое закрепление двигателя, нарушение сварки элементов фундаментной рамы или разрушение бетона фундамента. Для этого на ощупь определяют и сравнивают вибрацию лап электродвигателя или ступей его подшипников, болтов, крепящих электродвигатель, и рамы вблизи лап.

При недостаточной затяжке болта вибрирует только лапа двигателя, а болт не вибрирует или вибрирует незначительно.

Лучше всего разницу в вибрации можно заметить, приложив палец на стык двух сопрягаемых деталей, в данном случае на стык болта и лапы. При нарушении прочного сопряжения между ними вибрация вызывает перемещение одной детали относительно другой, и палец легко обнаружит это.

Если вибрирует и болт, то указанным способом проверяется, нет ли разницы в вибрации на стыке между лапой и рамой, между верхней полкой и вертикальной частью рамы, между ребром жесткости и верхней и нижней полками, между нижней полкой рамы и фундаментами и т. д. Иногда нарушение прочного сопряжения между деталями обнаруживается также по появлению мелких пузырей, а при сильной вибрации - и мелких брызг масла в месте стыка.

При обнаружении дефекта в сопряжении между рамой и фундаментом, появляющегося чаще всего из-за разъедания бетона маслом, весь пропитанный бетон, в том числе и пока сохранивший прочность, должен быть удален и заменен свежим. На время схватывания бетона агрегат должен быть остановлен и выведен из резерва.

Если дефектов в фундаменте, раме, креплении электродвигателя и его торцовых крышек, креплении приводимого механизма не обнаружено, следует рассоединить муфту между электродвигателем и механизмом и запустить электродвигатель в работу на холостом ходу.

Если в момент пуска и на холостом ходу электродвигатель работает без вибрации, то причину вибрации следует искать в нарушении центровки, износе пальцев или самих полумуфт или появлении небаланса в приводимом механизме.

Если же электродвигатель вибрирует и на холостом ходу, то причина вибрации находится в самом электродвигателе. В этом случае следует проверить, не исчезает ли вибрация сразу же после отключения электродвигателя от сети. Исчезновение вибрации сразу же после отключения от сети указывает на наличие неравномерного зазора между ротором и статором. Для устранения вибрации, вызванной неравномерным зазором, следует принять меры к его выравниванию.

Сильная вибрация электродвигателя при пуске на холостом ходу указывает на неравномерный зазор или на обрыв стержня в обмотке ротора. Если зазор равномерен, то причина вибрации только в обрыве стержня ротора. Вибрация в этом случае устраняется путем ремонта обмотки ротора.

Если вибрация электродвигателя, отсоединенного от механизма, после отключения от сети пропадает не сразу, а снижается по мере снижения числа оборотов, то причина вибрации - в небалансе ротора из-за неуравновешенности полумуфты, изгиба или появления трещины на валу, смещения обмотки, отрыва бочки ротора от вала.

В этом случае полезно снять полумуфту и электродвигатель запустить без нее.

Нормальная работа электродвигателя указывает на небаланс полумуфты. Такую полумуфту необходимо установить на оправку и проточить по всей наружной поверхности на токарном станке. Если же и после снятия полумуфты вибрация осталась, ротор должен быть вынут и проверен на отсутствие дефектов на валу и в креплении на нем роторной бочки. При отсутствии дефектов ротор должен быть подвергнут динамической балансировке на станке. Статическая балансировка ротора на ножах в данном случае не поможет, и поэтому производить ее не следует.

Повышенные зазоры в подшипниках скольжения сами по себе вибрацию не вызывают. Если нет других причин вибрации, то и при больших зазорах электродвигатель, особенно на холостом ходу, будет работать нормально. Но если появятся другие причины вибрации, то величина ее при больших зазорах будет значительно выше, чем при допустимых зазорах. Поэтому если электродвигатель вибрирует только под нагрузкой и определить причину вибрации не удастся, то следует принять меры к уменьшению зазора в подшипниках путем их перезаливки.

Вибрация электродвигателя по причине дефектности подшипников качения обнаруживается легко. Дефектный подшипник сильно шумит, греется. Его необходимо заменить и только потом продолжить выяснение причины вибрации, если она осталась.

Дефектами соединительной муфты, вызывающими вибрацию, являются неуравновешенность полумуфт, несоосность отверстий в полумуфтах более чем на 1 мм, неодинаковость веса пальцев, неравномерный износ их или износ мягких шайб до такой степени, что пальцы касаются стальной поверхности отверстий в полумуфтах.

Все пальцы должны быть взвешены. Если есть разница в весе, то каждые два пальца, имеющие одинаковый вес, устанавливаются в противоположные отверстия полумуфт. Все сработавшиеся пальцы

должны быть восстановлены заменой кожи или резины. Полумуфты, имеющие несоосность отверстий, должны быть заменены.

Порядок выполнения лабораторной работы

Подготовка к работе

При проведении измерений сопротивления изоляции и обмоток статора асинхронного электродвигателя в данной практической работе используется измеритель сопротивления изоляции МИС–3. Перед использованием прибора изучите руководство по эксплуатации, проверьте комплектность прибора.

Упражнение 1 Провести осмотр состояния предоставленного электродвигателя.

1.1. Очистить корпус электродвигателя от пыли и грязи с помощью щетки по металлу и щетки сметки.

1.2. С помощью внешнего осмотра оценить состояние электродвигателя: наличие сколов, трещин на корпусе; целостность крепления; состояние рёбер охлаждения в соответствии с пунктами 13.2 и 13.4.

1.3. Проверить состояние вала электродвигателя и закрепленных на них механизмов (звёздочки, шкива, соединительной муфты и т.д.) в соответствии с пунктом 13.4.

1.4. Проверить наличие крышки клемной коробки и её герметичность закрытия контактной группы в соответствии с пунктами 13.2 и 13.4.

1.5. Провести внешний осмотр контактных соединений, питающего кабеля и выводов статорной обмотки в соответствии с пунктом 13.4.

1.6. Проверить наличие и исправность крыльчатки и кожуха охлаждения в соответствии с пунктом 13.4.

1.7. Разобрать электродвигатель на составные части и провести продувку их сжатым воздухом.

1.8. Проверить состояние подшипников и степень их смазанности в соответствии с пунктом 13.4.

1.9. Провести осмотр состояния статорных обмоток в соответствии с пунктом 13.4.

1.10. Провести осмотр состояния магнитопроводов в соответствии с пунктом 13.4.

1.11. Провести внешний осмотр дополнительных приборов электрической части (термопар, терморезисторов и т.д.) в соответствии с пунктом 13.4.

1.12. По итогам проведенных операций, сделайте вывод о состоянии электродвигателя. Результаты упражнения отобразить в технологической карте следующего вида:

Проводимая операция	В пригодном к эксплуатации электродвигателе	В исследуемом двигателе	Вывод

Пример:

Проводимая операция	В пригодном к эксплуатации электродвигателе	В исследуемом двигателе	Вывод
<i>Осмотр лап и креплений электродвигателя</i>	<i>Крепления электродвигателя не должны иметь трещин и изломов</i>	<i>Отсутствует крепление (сломано) передней левой лапы</i>	<i>Двигатель не пригоден к эксплуатации, требуется восстановление лапы или замена корпуса.</i>

1.13. Рассчитать в соответствии с пунктом 13.6 нагрузку G при прогибе b (заданном преподавателем) ременной передачи и проверить её на соответствие рассчитанным значениям.

1.14. Законспектировать структуру маркировки электродвигателя и маркировку выводов асинхронного электродвигателя.

Упражнение 2 Провести испытание и измерения параметров электродвигателя.

2.1. Промаркировать (найти начало и конец обмоток) выводы предоставленного электродвигателя в соответствии с пунктом 13.3.

2.2. Провести измерения сопротивления изоляции статорных обмоток в соответствии с пунктом 13.3.

2.3. Провести измерения сопротивления статорных обмоток постоянному току. Результаты измерений занести в технологическую карту предложенного выше вида в соответствии с пунктом 13.3.

2.4. Провести испытание асинхронного электродвигателя работой на холостом ходу (запустить электродвигатель на холостом ходу и с помощью пирометра измерить температуру электродвигателя в начале опыта и через 15 минут работы, результат заносим в технологическую карту). В данном упражнении предельно-допустимая температура 30 °С.

2.5. Провести испытание асинхронного электродвигателя работой под нагрузкой. Электродвигатель на испытательном стенде запускаем на холостом ходу (переключатель в положении min). После запуска переключаем переключатель против часовой стрелки и засекаем 10 мин. После истечения времени с помощью пирометра измеряем температуру двигателя и результаты заносим в технологическую карту. Повторяем опыты по всем оставшимся положениям переключателя. В данном упражнении предельно-допустимая температура 40 °С на конец опыта.

2.6. Законспектировать порядок проведения технического обслуживания электродвигателя, проверку правильности соединений выводов обмоток электродвигателей (предложенный преподавателем метод), технологическую карту планово-предупредительного технического обслуживания ременной передачи.

2.7. Составить перечень необходимых для ТО электродвигателя инструментов, приборов и приспособлений в виде следующей таблицы:

Выполняемая операция	Инструменты	Материалы

Пример:

Выполняемая операция	Инструменты	Материалы
<i>Измерение сопротивления изоляции</i>	<i>Мегаомметр</i>	—

Контрольные вопросы

1. Какие параметры входят в технические данные электрического двигателя?
2. Как обозначаются схемы подключения и указывается расчетное напряжение статорных обмоток электродвигателей?
3. Как обозначаются выводы статорных обмоток электродвигателя?
4. Из каких конструктивных частей состоит асинхронный электродвигатель?
5. Как выполняются изменения прибором МИС-3?
6. Приведите перечень работ при ТО асинхронных двигателей.
7. По какой причине и как выполняется балансировка рабочего органа на валу электродвигателя?
8. Каков порядок действий и их значимость при выполнении осмотров и оценки состояния АД?
9. Какие режимы работы являются губительными для электродвигателя.
10. Какие параметры можно определить из структурной формулы электродвигателя?

11. Какие параметры измеряются при проведении измерений и какие допустимые значения они имеют?
12. Какие операции входят в испытания электродвигателя после ТО?
13. В чем заключается основная цель проведения ТО электродвигателя?
14. На какое напряжение питающей сети и с какой схемой соединения можно подключить электродвигатель с надписью Y/Δ 660/380 В, указанной на шильдике?
15. К чему может привести отсутствие своевременного ТО АД?
16. Расшифруйте следующие структурные формулы: АИР80А4УЗ, АИР100L4У2, АИР180S4УЗ.
17. Какой электродвигатель называется работоспособным?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Сибикин, Ю. Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий: учебник. В 2 кн. Кн. 2 / Ю. Д. Сибикин. – Москва: Академия, 2007. – 256 с.
2. Акимова, Н. А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования: учебник / Н. А. Акимова; под общ. ред. Н. Ф. Котеленца. – Москва: Академия, 2016. – 296 с.
3. Измеритель сопротивления изоляции МИС-3[Электронный ресурс]: руководство по эксплуатации /Электрон. дан. и прогр. (196 Мб) – SONELSA. , 2010.– 26 с.

Дополнительная

4. Костенко, Е. М. Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного и бытового электрооборудования : практ. пособие для электромонтера/сост. Е. М. Костенко. – Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005.–320 с.

5. Павлович, С.Н. Ремонт и обслуживание электрооборудования: учеб. пособие/ С.Н. Павлович, Б.И. Фираго. – Минск: Выш. Школа, 2005.– 245с.

6. Жингаровский А.Н., Кейн Е.И., Суровцев Е.Л. Изучение механических передач. Учебное пособие. / А.Н. Жингаровский, Е.И. Кейн, Е.Л. Суровцев. — 4-е изд., испр. — Ухта: УГТУ, 2017. — 154 с.

Технические нормативные правовые акты

6.ТКП 181-2009. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Текст]. – Введ.01.09.09.– Минск : Энергопресс, 2010. – 308 с.

ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

1. Отчет следует выполнять в тетради для практических работ по дисциплине «Монтаж и обслуживание электроустановок».

2. В отчете должны быть освещены следующие пункты:

- Номер и название практической работы.
- Цель работы.
- Общие сведения (теория вопроса и применяемые приборы).
- Результаты выполненного упражнения 1.
- Результаты выполненного упражнения 2.