



TECHNOGROUP

HIGH TECHNOLOGY EQUIPMENT

СИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТИПА

РУКОВОДСТВО ПО МОНТАЖУ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ



Содержание

Содержание	2
ВВЕДЕНИЕ	5
1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	6
1.1 Предупреждение.....	6
1.2 Обозначения двигателя	7
1.3 Применение.....	7
1.4 Условия окружающей среды для монтажа и эксплуатации	7
1.5 Требования к условиям охлаждения	7
1.6 Направление вращения	8
1.7 Режим возбуждения	8
1.8 Режим прямого пуска.....	8
1.9 Режим работы	8
2. УСТРОЙСТВО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	9
2.1 Статор	9
2.1.1 Корпус статора	9
2.1.2 Сердечник статора	9
2.1.3 Обмотка статора.....	9
2.2 Ротор	10
2.2.1 Магнитный полюс	10
2.2.2 Магнитное ярмо, вращающийся вал	11
2.2.3 Ротор в сборе.....	11
2.3 Подшипниковый узел.....	11
2.3.1 Подшипники качения	11
2.3.2 Подшипники скольжения	12
2.4 Фундаментная плита.....	13
2.5 Торцевая крышка	13
2.6 Контактное кольцо.....	13
2.7 Щеточный узел	13
2.8 Способы охлаждения двигателей и типы теплообменников	13
2.9 Воздушный теплообменник.....	14
2.11 Вспомогательные устройства	15
2.11.1 Датчик утечки воды	15
2.11.2 Датчик контроля температуры статора	16
2.11.3 Датчик контроля температуры подшипника	16
2.11.4 Нагреватель.....	16

2.11.5 Клеммная коробка статора	16
3. УПАКОВКА, ТРАНСПОРТИРОВКА, ПРОВЕРКА, ПРИЕМКА И ХРАНЕНИЕ	17
3.1 Упаковка	17
3.2 Транспортировка.....	17
3.3 Осмотр при приемке.....	19
3.4 Хранение перед эксплуатацией.....	19
3.5 Хранение после эксплуатации	19
3.6 Проверки и ведение записей во время хранения	20
3.7 План технического обслуживания во время хранения.....	21
4. МОНТАЖ.....	23
4.1 Обозначение конструктивного исполнения по способу монтажа.....	23
4.2 Фундамент для монтажа двигателя	23
4.3 Порядок монтажа	24
4.3.1. Осмотр и установка	24
4.3.1.a Установка двигателя на подшипниковые стойки	25
4.3.2 Центровка.....	27
4.3.3 Повторная заливка бетоном	30
4.3.4 Требования к регулировке и установке двигателя	30
5. ПУСКО-НАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ И ПЕРВЫЙ ПУСК	31
5.1 Подготовка к пуску. Измерения, проверки и испытания.....	31
5.2 Первый пуск.....	35
5.2.1 Процедура первого запуска	35
6. РАБОТА И ОСТАНОВКА ДВИГАТЕЛЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ВО ВРЕМЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ	38
6.1 Работа и остановка двигателя	38
6.2 Периодические осмотры во время эксплуатации и техническое обслуживание	38
6.2.2 Техническое обслуживание подшипников.....	39
6.2.2.1 Эксплуатация подшипников скольжения	39
6.2.2.2 Техническое обслуживание подшипников скольжения	40
6.2.2.3 Замена смазки.....	41
6.2.2.4 Уплотнения.....	41
6.2.3 Контроль параметров щеточного узла и контактных колец.....	42
6.2.4 Контроль состояния охладителя	42
6.2.5 Контроль состояния ротора	43
6.2.6 Контроль параметров сети питания	43
6.2.7 Контроль сопротивления изоляции.....	43
6.2.8 Контроль окружающей среды двигателя.....	43

6.2.9 Запасные детали	44
7. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОВЕРОК И ТО	46
7.1 Остановка двигателя.....	46
7.2 План технического обслуживания	49
8. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ.....	51
8.1 Подшипники чрезмерно нагреваются и издают повышенный шум.....	51
8.2 Утечка смазки из подшипника	51
8.3 Чрезмерная вибрация и нехарактерный шум при работе двигателя	52
8.4 Излом вала	53
8.5 Отказ запуска двигателя.....	53
8.6 Двигатель перегревается.....	54
8.7 Ухудшение свойств изоляции	55
8.8 Утечка воды из системы водяного охлаждения	57
8.9 Искрение щеток	57
8.10 Замыкание контактных колец.....	58
8.11 Нарушение паяных соединений обмоток ротора и демпфирующих колец	59
8.12 Искрение на межполюсных соединениях демпфирующих колец	59
8.13 Чрезмерные колебания коэффициента мощности.....	59
9. МЕТОДЫ СУШКИ ДВИГАТЕЛЯ	60
9.1 Метод нагрева потерями в сердечнике.....	60
9.2 Метод нагрева с потерей в меди.....	61
9.3 Метод трехфазного тока короткого замыкания	62
9.4 Сушка методом нагревания от постороннего источника с применением воздуходувок	63
9.5 Общие замечания	63
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Формуляр измерения виброскорости	65
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Формуляр для замеров зазоров по галтелям	66
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Формуляр для замера воздушного зазора	67

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее руководство предназначено для монтажа и правильной эксплуатации синхронных электродвигателей горизонтального типа.

Электродвигатели со специальными функциями могут поставляться с дополнительными документами (чертежами, схемами подключения, кривыми характеристик и т. д.). Прежде чем приступить к установке, эксплуатации или техобслуживанию электродвигателя, необходимо тщательно ознакомиться с содержанием этих документов, а также данного руководства.

При использовании преобразователя частоты необходимо в обязательном порядке следовать инструкциям, приведенным в соответствующей технической документации на электродвигатель и в руководстве по преобразователю частоты. Для получения любой дополнительной информации свяжитесь с представителями компании Техногрупп.

В руководстве изложены основные технические данные двигателя, описание его конструкции, требования к эксплуатации, испытаниям и контролю, периодичность и сроки технического обслуживания. Точное соблюдение требований настоящего руководства является обязательным.

Ремонтные работы должны выполняться специализированными службами, имеющими разрешение на проведение этих работ.

Сроки хранения, службы двигателя, а также условия гарантии действительны при соблюдении требований эксплуатационной документации.

Всегда храните данное руководство рядом с электродвигателем, чтобы в случае необходимости найти в нем необходимую информацию.

ВНИМАНИЕ!

- Для сохранения права на гарантийное обслуживание необходимо соблюдать требования, содержащиеся в данном руководстве.
- Установка, эксплуатация и техобслуживание электродвигателя должны выполняться только квалифицированным персоналом.

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Предупреждение

При обслуживании двигателя на производственном объекте необходимо соблюдать меры безопасности.

Запрещается во время эксплуатации двигателя снимать ограждения, закрывающие его вращающиеся части.

В процессе эксплуатации данного оборудования существует опасность, связанная с вращающимися, находящимися под высоким напряжением или обладающими повышенной температурой компонентами.

В связи с этим эксплуатация электродвигателя с открытыми клеммными коробками, снятыми защитными кожухами или с нарушениями требований техники безопасности может привести к травмам персонала и нанести материальный ущерб.

Поэтому операторы и ремонтный персонал должны проявлять особую осторожность в работе, особенно при эксплуатации двигателей напряжением 6 кВ и выше. Персонал должен соблюдать правила и стандарты для безопасной эксплуатации электроустановок, двигатель должен быть надежно заземлен. При необходимости проведения технического обслуживания подача питания должна быть отключена, а на щите управления необходимо разместить предупреждающую табличку с надписью, запрещающей включение оборудования.

При проведении работ внутри необходимо учитывать, что на двигателе могут работать электронагреватели. Их можно отключить на время выполнения работ.

Персонал, участвующий в эксплуатации и техническом обслуживании двигателя, должен внимательно ознакомиться с настоящим Руководством и изучить все чертежи и данные паспортных табличек двигателя. При вводе в эксплуатацию режим работы двигателя должен соответствовать данным, указанным в его паспортной табличке, а также всем величинам и параметрам, указанным в настоящем Руководстве по эксплуатации. Превышение параметров в процессе эксплуатации двигателя не допускается. При выполнении технического обслуживания и эксплуатации необходимо точным образом выполнять указания, приведенные в настоящем Руководстве.

По вопросам, связанным с монтажом, эксплуатацией и техническим обслуживанием двигателя, которые не прописаны настоящим Руководством и в иных технических документах необходимо обращаться в представительство АО «Техногрупп» с указанием типа двигателя, его серийного номера и даты производства.

1.2 Обозначения двигателя

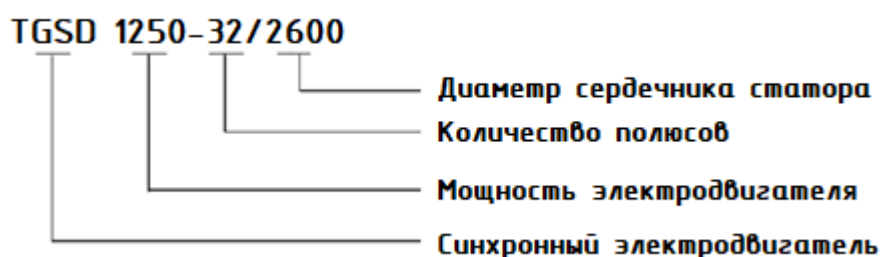


Рис.1 Пример обозначения синхронного двигателя

1.3 Применение

Синхронные двигатели могут использоваться для компрессоров, дробильных установок, шаровых мельниц, прокатных станов, воздуходувок, водяных насосов и другого оборудования общего назначения. Они также могут применяться для фазовых регуляторов.

1.4 Условия окружающей среды для монтажа и эксплуатации

Высота над уровнем моря в месте установки двигателя не должна превышать 1000 м. Температура окружающей среды должна быть в пределах от минус 15 °С до плюс 40 °С. Для двигателей с подшипниками скольжения и для двигателей с водяными теплообменниками температура окружающей среды не должна быть ниже плюс 5 °С. Среднемесячная относительная влажность не должна превышать 90 %.

На месте установки двигателя не допускается наличия пыли, соляного тумана и других агрессивных газов, которые могут оказать негативное воздействие на двигатель.

Необходимо также принять меры, чтобы не допустить попадания муравьев и других мелких насекомых или животных во внутреннее пространство двигателя. Двигатели предназначены исключительно для применения внутри помещений. В случае использования двигателя на открытом воздухе необходимо заключить соответствующее соглашение между производителем и заказчиком.

Пространство вокруг двигателя должно иметь хорошую вентиляцию и достаточно места для обеспечения рассеивания тепла от двигателя, а также для возможности проведения технического обслуживания.

1.5 Требования к условиям охлаждения

Способ охлаждения синхронного двигателя обычно представляет собой охлаждение за счет самовентиляции: для этого на роторе установлена лопастная крыльчатка, которая подает воздух в пространство между магнитных полюсов ротора. Нагретый воздух через радиальные каналы статора попадает обратно в корпус и охлаждается о стенки корпуса двигателя, который должен иметь достаточную площадь для рассеивания тепла. В случае использования внешних воздухопроводов, когда их длина превышает 2 м, следует использовать внешний вытяжной вентилятор. В случае комбинированного водяного и воздушного охлаждения, используемая для охлаждения вода должна быть очищена путем фильтрации от примесей. При этом вода также должна быть не агрессивной, нейтральной, а ее расход, температура и

давление должны соответствовать требованиям габаритного чертежа двигателя. В случае использования электродвигателей с водяным охлаждением по замкнутому контуру, если температура окружающей среды ниже +5 °C в воду необходимо добавлять антифриз.

1.6 Направление вращения

Определение направления вращения электродвигателя выполняется со стороны единственного конца вала. В том случае если двигатель имеет два конца вала, то вращение определяют со стороны вала, который имеет больший диаметр. Согласно ГОСТ 26772-85 правому направлению соответствует движение вала по часовой стрелке. Если вам требуется вариант вращения против часовой стрелки, или возможность вращения в обе стороны, это нужно согласовывать при заказе двигателя.

1.7 Режим возбуждения

Для питания обмотки возбуждения синхронного двигателя в основном используется статический тиристорный возбудитель, подключенный к контактным кольцам ротора. Также возможно использование бесщеточной системы возбуждения. Для обеспечения возможности регулирования напряжения и тока возбуждения, особенно в момент пуска, в цепь обмотки ротора должны быть включены пусковые резисторы с сопротивлением, которое в 5–10 раз превышает сопротивление обмотки ротора, и имеют защиту от перегрузки по току, от перенапряжения, а также выдерживающим перегрузку по току в 1,4 раза в течение 15 секунд. Если при этом также требуется автоматически регулировать коэффициент мощности, это должно быть согласовано сторонами при заказе электродвигателя.

1.8 Режим прямого пуска

Пуск двигателя может осуществляться напрямую от сети при номинальном напряжении и номинальной мощности, при этом время запуска, как правило, составляет не более 15 секунд (за исключением случаев, когда существуют определенные требования к моменту инерции нагрузки). Если электрическая сеть имеет низкую мощность и при запуске возможна просадка напряжения, то это значение пониженного напряжения обычно не должно быть ниже 90% от номинального. В случае превышения вышеуказанной величины просадки напряжения это дополнительно должно быть согласовано сторонами при заказе электродвигателя.

1.9 Режим работы

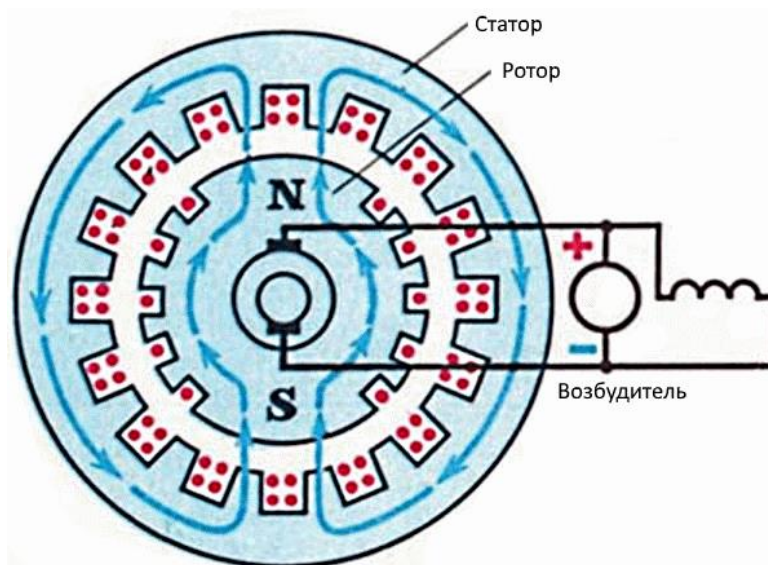
Двигатель предназначен для продолжительного режима работы S1 по ГОСТ IEC 60034–1 с питанием от синусоидального источника питания. При необходимости работы в других режимах это дополнительно должно быть согласовано сторонами при заказе электродвигателя. Количество пусков при нормальной температуре в холодном состоянии не должно превышать двух последовательных пусков, с интервалом не менее 5 мин. В горячем состоянии, при нормальной рабочей температуре, запускать не более 1 раза. Если пуск не состоялся, необходимо выждать не менее 4 часов для повторения процедуры, устранив все факторы, препятствующие запуску. Критерием готовности двигателя к пуску служит его охлаждение до температуры окружающей среды.

2. УСТРОЙСТВО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Синхронные двигатели могут иметь различные конструкции: ротор может быть как явнополюсным, так и неявнополюсным, при этом явнополюсный тип ротора применяется в двигателях с четырьмя и более полюсами. По типу монтажа в данном РЭ описываются электродвигатели горизонтального исполнения. Как правило синхронный двигатель состоит из статора, ротора, подшипников, корпуса, торцевых крышек, щеточно-контактного аппарата (траверсы). Если класс защиты двигателя превышает IP44, то в его состав будет входить система охлаждения. Далее приводится краткое описание указанных выше компонентов.

2.1 Статор

Статор состоит из корпуса, сердечника, обмотки и других конструктивных элементов.



2.1.1 Корпус статора

Отливают его из чугуна или алюминия. При больших размерах двигателя корпус изготавливают из стали с применением сварки. На поверхности корпуса расположены рёбра, повышающие теплоотдачу. Также, снаружи крепятся подшипниковые щиты, клеммная коробка и кожух вентилятора. Для крепления двигателя на его корпусе делают лапы или фланцы.

2.1.2 Сердечник статора

Сердечник статора изготавливают из пластин электротехнической стали, 0,35–0,50 мм толщиной, что позволяет добиться уменьшения вихревых токов. Поверхность сегментов покрыта изоляционным лаком. Из пластин собираются пакеты и запрессовываются в корпус станины. Между пакетами имеются вентиляционные каналы.

2.1.3 Обмотка статора

Обмотки статора наматываются электромагнитным проводом, покрытым изоляционными слоями, соответствующими степени напряжения. Обмотки должны быть испытаны на пробой на землю в соответствии с нормами, после чего они укладываются в пазы сердечника статора.

Прямолинейная часть обмотки должна быть плотно зафиксирована клиньями. Обмотка статора и сердечник в сборе подвергаются вакуум-нагнетательной пропитке. Изоляция обмотки статора может быть класса В и класса F; в особых условиях допускается применение изоляции класса Н. Для двигателей напряжением 10 кВ используется изоляция класса F. Статор – это основная часть двигателя, которая легко подвергается загрязнению и воздействию влаги, поэтому повреждение его изоляции сразу приводит к перегоранию двигателя, поэтому необходимо проявлять особую осторожность при обращении со статором.

Статор как правило имеет шесть выводов, которые промаркированы U1, V1, W1 и U2, V2, W2.

2.2 Ротор

Роторы синхронных электродвигателей бывают явнополюсными и неявнополюсными. Как правило они состоят из магнитопровода, магнитного ярма, вращающегося вала и контактных колец.

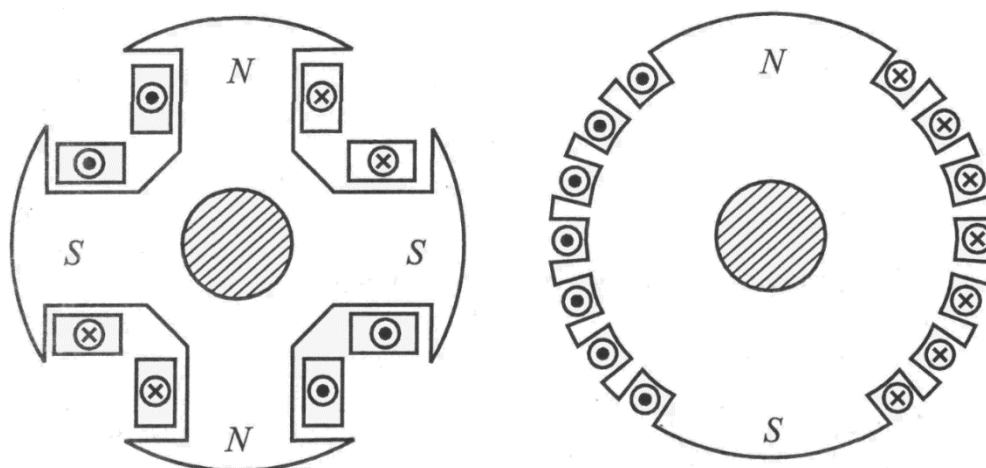


Рис.2.1 Явнополюсный и неявнополюсный ротор

2.2.1 Магнитный полюс

Магнитные полюса можно разделить на явнополюсные и неявнополюсные. Обмотки неявнополюсного магнитного полюса изготавливаются из полосовой меди и вставляются в пазы вала ротора и затем закрепляются металлическими клиньями. С обеих сторон лобовые части обмоток удерживаются защитными бандажными кольцами. Эта конструкция обладает высокой механической прочностью и хорошим тепловыделением, она чаще всего используется в двигателях с частотой вращения 1500 об/мин и выше.

Что касается двигателей с частотой вращения ниже 1500 об/мин, то в них используются явнополюсные роторы. Магнитные полюса явнополюсного типа состоят из стального сердечника, обмоток и стержней. Маркировка выводов полюсов возбуждения - F1 и F2.

Сердечник магнитного полюса изготавливается из штампованных пластин, стянутых вместе. В башмак полюса устанавливаются демпфирующие стержни (пусковая обмотка), которые с обоих концов спаяны с демпфирующим кольцом, либо соединены и скреплены медной трубкой.

Обмотка магнитного полюса обычно изготавливается из медного провода прямоугольного сечения, который непрерывно наматывается на сердечник. Изоляция обмотки имеет очень малую толщину, и ее легко повредить при небрежном обращении, что приведет к короткому замыканию. Поэтому следует соблюдать осторожность при обращении с обмотками. Существуют также многослойные и многovitковые обмотки, однако в любом случае они склеиваются для образования цельной жесткой конструкции.

2.2.2 Магнитное ярмо, вращающийся вал

Магнитное ярмо как правило изготавливается из литой стали, но также может быть изготовлено из стальных листов, сваренных между собой. Внутренний диаметр магнитного ярма соединяется непосредственно с валом. Вращающийся вал изготавливается из стали марки 45 или 35, однако в отдельных случаях допускается использование легированной стали.

2.2.3 Ротор в сборе

Магнитное ярмо как правило методом горячей прессовки крепится на вращающемся валу, затем собранные магнитные полюса устанавливаются на магнитном ярме. Расстояние между двумя башмаками магнитных полюсов должно быть одинаковым, а продольное положение каждого из торцов сердечника должно быть выравнено. Затем на ротор устанавливается крыльчатка вентилятора, и вся конструкция погружается и изоляционный лак. Такая пропитка способствует повышению общей механической прочности ротора, а также улучшает защитные свойства изоляции.

Ротор представляет собой "сердце" двигателя, которое собрано из множества узлов и деталей. При вращении ротора с высокой скоростью на него действуют магнитные и центробежные силы, что может привести к ослаблению деталей и крепежа и вызвать механические неисправности. Поэтому все крепежные детали должны должным образом затянуты и застопорены от откручивания. Специалисты по техническому обслуживанию должны производить своевременную диагностику состояния ротора и устранять выявленные неисправности.

2.3 Подшипниковый узел

Типы подшипников, их параметры и данные по применяемым смазочным материалам указаны на прилагаемых к двигателю чертежах.

2.3.1 Подшипники качения

Для повышения надежности и увеличения срока службы подшипникового узла используется конструкция с тремя подшипниками. На приводном конце вала устанавливается два подшипника. Радиальная нагрузка воспринимается роликовым подшипником, а продольная нагрузка будет восприниматься только шарикоподшипником. При этом на не приводном конце вала устанавливается один роликовый подшипник. Возможно также использование на не приводном конце вала конструкции из двух подшипников.

Для защиты от проворота подшипника во время работы двигателя, наружное кольцо подшипника плотно крепится стопором, установленным на крышке подшипника.

Независимо от типа подшипникового узла, все они имеют конструкцию лабиринтного типа и

герметизированы уплотнительными кольцами. Это необходимо для предотвращения утечки смазки внутрь двигателя, которая может повредить изоляцию обмотки. Кроме того, уплотнительные кольца также предотвращают попадание пыли в полость подшипника, что позволяет поддерживать подшипник в чистоте.

Трубки подачи и выхода смазки обеспечивают удобную и легкую замену смазки, при этом на двигателе устанавливается табличка, на которой указаны направления (подача и выход смазки) и сроки замены смазки. Возможна установка система непрерывной подачи и выхода смазки.

Степень защиты подшипника от внешних воздействий - IP54. По запросу возможно изготовление двигателей со степенью защиты IP55, для размещения на открытом воздухе.

2.3.2 Подшипники скольжения

Узел подшипника скольжения представляет собой отдельную часть двигателя. Посадочное место подшипника скольжения расположено на опорной плите двигателя.

На корпусе подшипника скольжения как правило имеются фланец для подачи масла, смотровое окно для определения уровня масла, подготовка для установки датчика температуры подшипника, фланец для выпуска масла и отверстие для установки нагревателя. Фланцы для впуска и выпуска масла используются для циркуляции смазки под давлением.

Если подшипник скольжения имеет самоустанавливающийся вкладыш, то наружная поверхность вкладыша имеет сферическую поверхность контакта.

Подшипник скольжения с торцов имеет лабиринтные уплотнения, которые предотвращают утечку смазки из подшипника.

Для устранения подшипниковых токов предусмотрена изоляция подшипника неприводного конца вала от фундамента. Между стояком подшипника и нижней опорной плитой устанавливается изолирующая прокладка.

Существует три режима смазки подшипника скольжения: самосмазывание, которое заключается в использовании смазочного кольца для подачи масла из корпуса подшипника на вал; смазка с циркуляцией масла под давлением, которая заключается в использовании внешнего масляного насоса, трубопровода подачи масла и слива масла из корпуса подшипника, образующих систему подачи масла в подшипник; и режим комбинированной смазки, представляющий собой комбинацию из первых двух видов смазки, т.е. подачи масла под давлением и самосмазывания с помощью смазочного кольца. Марка смазочного масла указана в габаритном чертеже на двигатель.

Степень защиты основного внешнего корпуса для подшипника скольжения и торцевой крышки соответствует стандарту IP44, но по запросу может также использоваться степень защиты IP54 и IP55

Вкладыш представляет собой цилиндрическую поверхность, на которой при работе двигателя образуется масляный клин. Вкладыш может иметь два исполнения: с защитой от осевого смещения и без такой защиты. Вкладыши с защитой от осевого смещения используются только для ограничения продольной толкающей силы ротора двигателя и не рассчитаны на внешние толкающие силы. Если двигатель с подшипником скольжения должен воспринимать внешнюю осевую нагрузку, это необходимо отдельно указывать при заказе.

Вкладыши в сборе для переднего и заднего подшипников могут быть взаимозаменяемыми (однако если технические характеристики подшипников различаются, то такая взаимозаменяемость не может быть осуществлена).

2.4 Фундаментная плита

Как правило изготавливается из листовой стали и сваривается в нужной форме. Статор двигателя и опорный подшипник устанавливаются на опорной плите, которая затем крепится болтами к фундаменту. Эта конструкция предназначена не только для того, чтобы выдерживать вес статора и двигателя, но и для того, чтобы выдерживать электрическую магнитную действующую силу, поэтому опорная плита должна обладать достаточной жесткостью и механической прочностью.

2.5 Торцевая крышка

Торцевая крышка изготавливается из листовой стали и устанавливается на корпусе. Если в конструкции двигателя применяются подшипники с опорой на торцевую крышку, то она выполняет не только защитную функцию, но также поддерживает ротор, поэтому она должна быть изготовлена из толстой листовой стали. Если же опорный подшипник не подразумевает опору на торцевую крышку, то она может быть изготовлена из тонкой листовой стали.

2.6 Контактное кольцо

Для подвода тока возбуждения к ротору служат контактные кольца. В случае, если контактная поверхность колец нарушена, то может возникнуть электрическая искра, что приводит к выгоранию угольной щетки и поверхности колец. Поэтому шероховатость поверхности токосъемного кольца должна быть не хуже Ra 1,6, а радиальное биение поверхности кольца не должно превышать 0,1 мм.

2.7 Щеточный узел

Щеточный узел как правило состоит из основного корпуса, изолированных стержней, электропроводящей шины, короба щетки (держателя), пружин и самой графитовой щетки и т.д. Обработка поверхностей графитовой щетки должна выполняться с высокой точностью, для обеспечения свободного скольжения щетки внутри держателя. Давление пружины на щетку должно регулироваться соответствующим образом. Как правило, это давление должно регулироваться в пределах 0,015–0,03 МПа, расстояние от торца держателя графитовой щетки до края поверхности токосъемного кольца должно быть не менее 3 мм.

2.8 Способы охлаждения двигателей и типы теплообменников

Система охлаждения двигателя зависит от области его применения.

Если используется электродвигатель открытого типа (IP00, IP21, IP23), тогда, как правило, он охлаждается с помощью лопаток, установленных на роторе электродвигателя (способ охлаждения IC01).

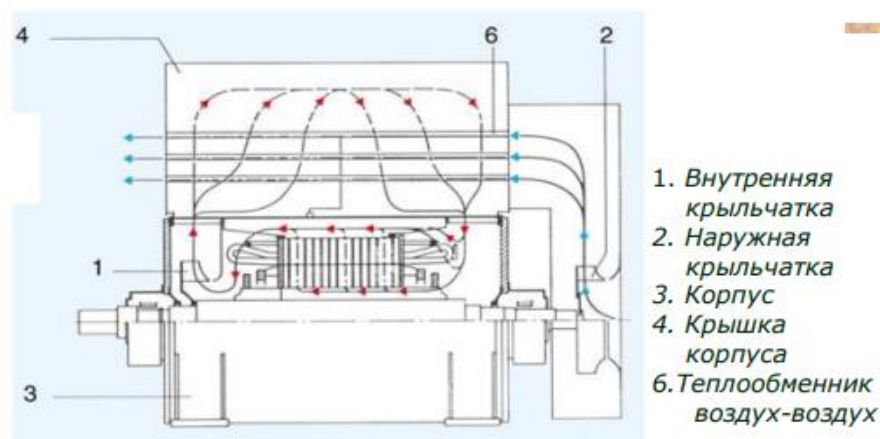
Если используется электродвигатель закрытого типа (IP44 и выше), тогда применяется принудительное охлаждение по замкнутому или разомкнутому циклу. Подвод охлаждающего воздуха осуществляется от отдельного устройства – воздушного или водяного охладителя.

Также для охлаждения синхронного электродвигателя в его конструкции может применяться

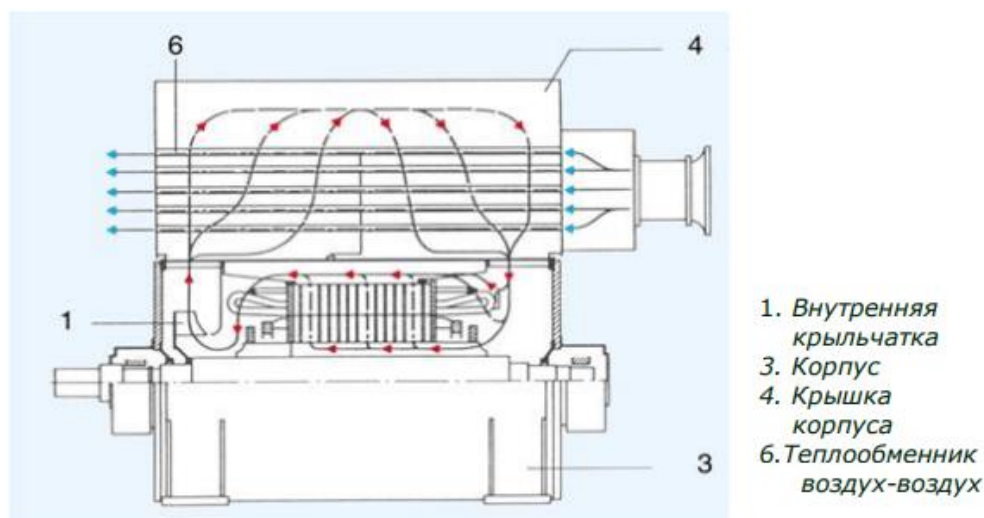
теплообменник. Основные виды теплообменников приведены ниже.

2.9 Воздушный теплообменник

Охлаждение через теплообменник воздух-воздух



Охлаждение через установленный теплообменник воздух-воздух с независимым вентилятором второго контура



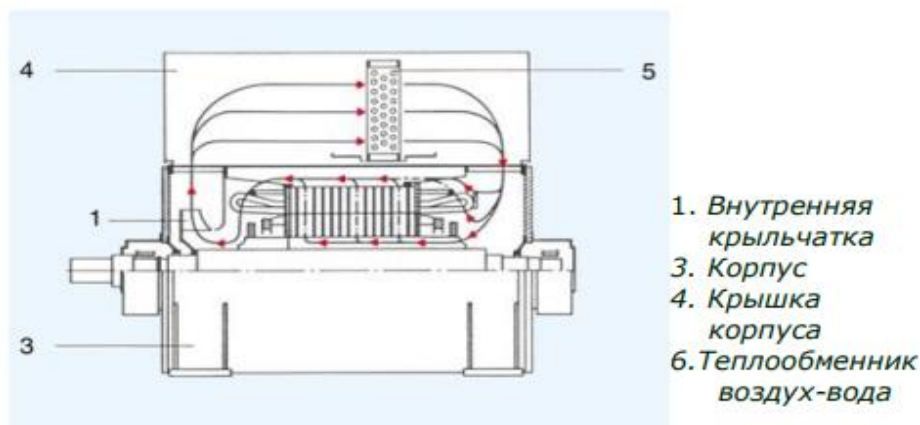
Воздушный охладитель состоит из трубок, которые поглощают большую часть тепла из циркулирующего в электродвигателе воздуха. Затем нагретый воздух отводится потоком, создаваемым внешним вентилятором, расположенным со стороны не приводного конца вала. Либо поток создается крыльчаткой вентилятора установленной на свободном конце вала ротора.

Для обеспечения требуемой коррозионной стойкости охладитель обрабатывается специальными составами.

Теплообменник может быть установлен как в верхней, так и в нижней части корпуса двигателя. Для удобства эксплуатации теплообменники делают съемными.

2.10 Воздушно-водный теплообменник

Охлаждение через теплообменник воздух-вода



Воздушно-водный теплообменник состоит из радиатора, с циркулирующим хладагентом, который охлаждает горячий воздух в двигателе. Данная система имеет более высокую эффективность по сравнению с воздушным теплообменником.

Перед установкой воздушно-водный теплообменник необходимо испытать давлением воды 0,5 МПа, для выявления возможных дефектов или повреждений. Радиатор можно извлечь из корпуса, в случае ремонта или замены.

Воздушно-водный теплообменник устанавливается в верхней части корпуса, и может быть демонтирован при подъеме двигателя.

Преимущественно в качестве хладагента используется вода. Она должна соответствовать промышленному стандарту проточной воды с температурой не выше плюс 33 °С и не ниже плюс 5 °С. Расход и давление указывается на габаритном чертеже двигателя. Давление должно находиться в пределах 0,1–0,3 МПа.

2.11 Вспомогательные устройства

2.11.1 Датчик утечки воды

Двигатели, оснащенные воздушно-водяными теплообменниками, снабжаются датчиком утечки воды, который обнаруживает попадание воды из радиатора в двигатель. Этот датчик должен быть подключен к пульту управления в соответствии со схемой подключения двигателя. Сигнал этого датчика должен вызывать срабатывание аварийной сигнализации.

При срабатывании этой сигнализации необходимо проверить теплообменник и, если обнаружена утечка воды, остановить двигатель и устранить проблему.

2.11.2 Датчик контроля температуры статора

Между верхним и нижним рядами обмоток статора устанавливаются термодатчики. Температура самого горячего места обмотки не должна превышать предельные значения для термического класса изоляции. Тип и схема подключения термодатчиков указаны на габаритном чертеже двигателя.

2.11.3 Датчик контроля температуры подшипника

Термодатчик контроля температуры подшипника устанавливается на корпусе подшипника или на его торцевой крышке. В случае подшипника качения выходные провода подключаются к выходной клеммной коробке термодатчиков статора, которая установлена на корпусе двигателя. Для подшипников скольжения термодатчик имеет свою собственную клеммную коробку.

2.11.4 Нагреватель

Как правило нагреватель устанавливается на нижней части корпуса двигателя, однако он также может быть установлен на торцевой части корпуса двигателя или на торцевой крышке. Его выходные провода подсоединены к клеммной коробке нагревателя. На ней установлена табличка с указанием напряжения и мощности нагревателя. Если двигатель останавливается на длительное время, для защиты обмоток двигателя от сырости необходимо включить нагреватель.

2.11.5 Клеммная коробка статора

Клеммная коробка статора состоит из корпуса клеммной коробки, крышки, изолирующей втулки (высоковольтный фарфоровый изолятор), разъемов и прочих основных частей. По уровню напряжения различают клеммные коробки высокого и низкого напряжения. В низковольтной клеммной коробке имеется три разъема, в то время как в высоковольтной клеммной коробке находится три и шесть разъемов. Если конструкцией двигателя предусматривается устройство приямка и в случае отсутствия специальных требований, соединительные кабели статора могут быть вытянуты из нижней части торцевой крышки и соединены с внешним контуром внутри приямка, поэтому необходимость в клеммной коробке отсутствует. При необходимости, на каждой фазе двигателя может быть установлен трансформатор тока, который будет использоваться для дифференциальной защиты, либо он должен быть подключен к нейтральной точке через грозозащитный разрядник, который должен быть подключен к заземлению для предотвращения удара молнии, однако для этого необходимо сделать соответствующее примечание в заказе.

3. УПАКОВКА, ТРАНСПОРТИРОВКА, ПРОВЕРКА, ПРИЕМКА И ХРАНЕНИЕ

3.1 Упаковка

Все поставляемые электродвигатели прошли испытания и находятся в полностью исправном состоянии. Обработанные поверхности защищены от коррозии. После доставки электродвигателя следует проверить целостность упаковки, чтобы выявить возможные повреждения, произошедшие при транспортировке.

Упаковка двигателя может проводиться по окончании испытаний в соответствии с заводскими стандартами. Как правило, электродвигатели горизонтального исполнения, пакуются в сборе (за исключением особо оговоренных условий). Перед упаковкой двигатель очищают от остатков смазки в подшипниках и охлаждающей жидкости в системе охлаждения. После проверяют комплектацию в соответствии с поставочной ведомостью: всё навесное вспомогательное оборудование, запасные части, прилагаемые схемы, документация и прочие технические материалы. Во время упаковки двигатель жёстко крепят на транспортировочном поддоне. Для двигателя с подшипниками скольжения ротор фиксируют, чтобы предотвратить осевое перемещение при транспортировке и исключить повреждение подшипников. Что касается вспомогательного навесного оборудования и запасных частей, их пакуют в отдельную тару, и отправляют вместе с двигателем. Электродвигатель оборачивают влагостойкой бумагой, пленкой или иными упаковочными материалами для предотвращения попадания влаги. Дополнительно в транспортный ящик укладывают поглощающий влагу материал(силикагель).

3.2 Транспортировка

Двигатель упаковывают на заводе-изготовителе. Во время транспортировки запрещено нарушать упаковку, чтобы избежать потери или повреждения запасных частей и технической документации. Нарушение целостности упаковки неблагоприятно сказывается на защите двигателя от влаги.

Примечание

1. Учитывайте указанный вес. Не поднимайте двигатель, вызывая толчки, и не ставьте его резко на пол, так как это может привести к повреждению подшипников;
2. Для подъема двигателя используйте только предусмотренные для этого подъемные проушины. При необходимости используйте траверсу для защиты частей двигателя;
3. Подъемные проушины на теплообменнике, торцевых щитах, подшипниках, радиаторе, оробке выводов и т. д. предназначены для подъема этих компонентов только по отдельности;
4. Никогда не используйте вал для подъема двигателя;
5. Для перемещения двигателя вал должен быть заблокирован с помощью устройства блокировки вала, поставляемого с двигателем.
6. Подъемное оборудование и устройства должны быть в состоянии выдержать массу

электродвигателя.

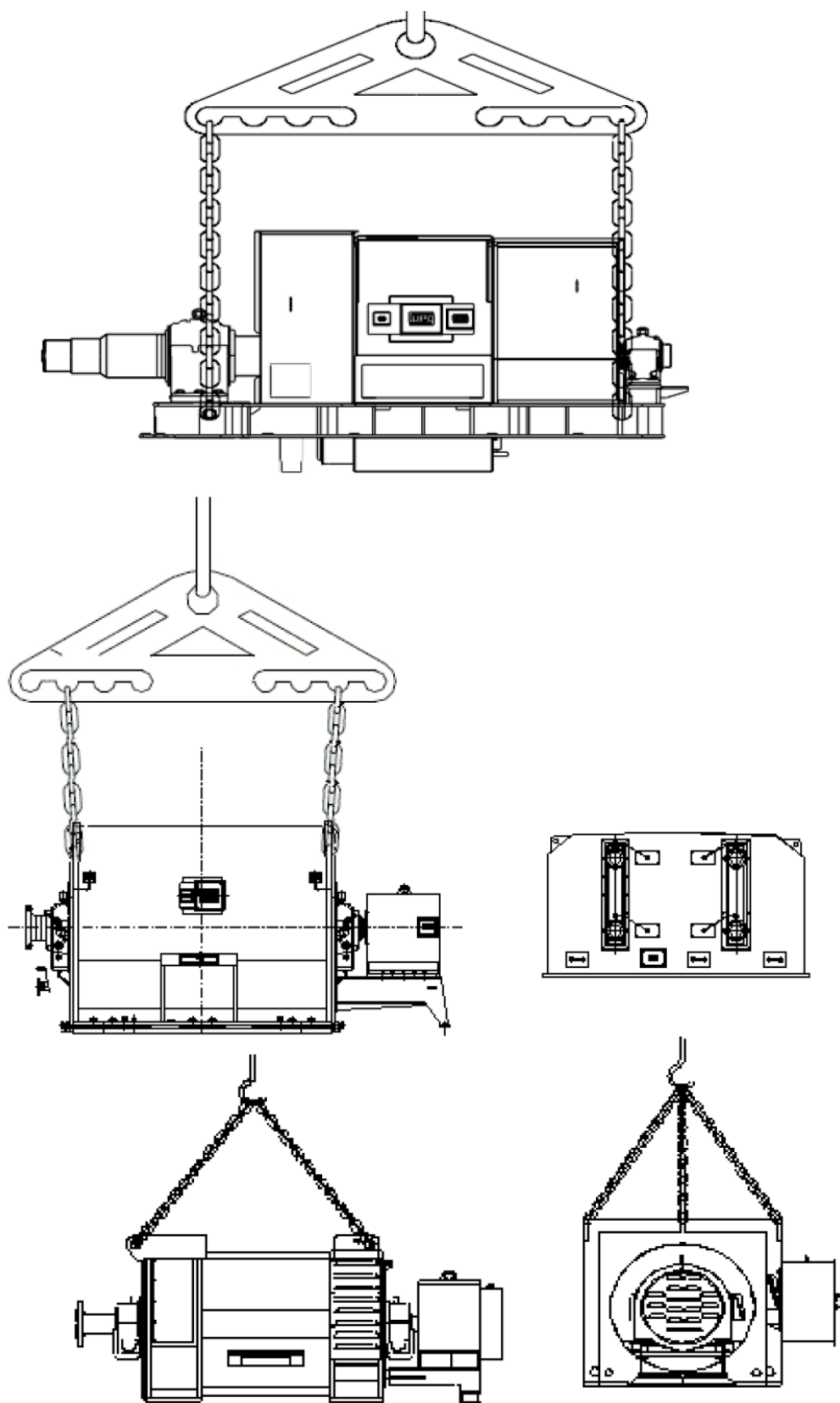


Рис.3.1. Перемещение двигателя

На упаковке указано положение двигателя во время подъема, чтобы избежать его повреждения при транспортировке. При подъеме стропа необходимо зацепить за подвесные кольца, установленные на нижней плите двигателя, либо за отверстия или рым-болты, имеющиеся на корпусе. Опорная плита двигателя должна находиться в горизонтальном положении, чтобы исключить его наклон при подъеме.

3.3 Осмотр при приемке

После того как двигатель доставлен на место установки, вскрывают транспортную упаковку и проверяют комплектацию, согласно ведомости. Сверяют данные в паспортной табличке, далее по упаковочному листу проводят инвентаризацию поставленного оборудования, запасных частей и технической документации. После проверяют наличие повреждений и признаков коррозии на двигателе. При выявлении недостатков или замечаний необходимо обратиться в отдел продаж компании Техногрупп и сообщить тип двигателя, технические характеристики, дату поставки и заводской номер.

После снятия упаковки необходимо выполнить полный визуальный осмотр двигателя; Система блокировки вала должна быть снята непосредственно перед монтажом и сохранена для транспортировки двигателя в будущем.

3.4 Хранение перед эксплуатацией

По окончании приемки, когда двигатель не устанавливается в рабочее положение и предполагается его длительное хранение, необходимо выполнить повторную консервацию и упаковку. Перед упаковкой следует очистить его от загрязнений и удалить влагу; проверить, наличие повреждений, выполнить осмотр поверхности корпуса и контактных колец на наличие следов коррозии. Если потребуется, зачистить поверхности наждачной бумагой и нанести новое антикоррозионное покрытие. Ржавчину на поверхности токосъемных колец аккуратно убирают тонкой наждачной бумагой, протирают поверхность ветошью, смоченной спиртом или бензином. Для предотвращения образования царапин на рабочей поверхности контактных колец, во время упаковки между кольцами и щетками устанавливают прокладки. Если двигатель находится на хранении в течение длительного времени, нужно один раз в месяц вскрывать упаковку и проворачивать вал. Это необходимо для предупреждения деформации баббитового вкладыша и предотвращения изгиба вала, вызванного статической нагрузкой в течение длительного времени.

Запрещено хранить двигатель на открытом воздухе. Он должен храниться в сухом, вентилируемом помещении, исключающем попадание внутрь мелких животных и насекомых. Температура в помещении должна поддерживаться в диапазоне от плюс 5 до плюс 40 °С. Если температура в помещении ниже 0°С, а влажность выше 70%, следует установить обогреватель.

3.5 Хранение после эксплуатации

В случае, когда двигатель снят с эксплуатации и готовится к длительному хранению, необходимо открыть подшипник и торцевую крышку, извлечь ротор. Также нужно произвести учет всех запасных частей.

- а) Внутренняя часть двигателя также должна быть очищена от пыли, мусора и масел. Для очистки используйте щетки или чистую хлопчатобумажную ткань. Если пыль не является абразивной, то для очистки кожуха, лопастей и корпуса вентилятора от пыли

следует использовать промышленный пылесос. Отсек заземляющих щеток (при наличии) должен содержаться в чистоте, без скопления пыли. Мусор, пропитанный маслом или влагой, можно удалить ветошью, смоченной подходящим растворителем. При необходимости очистите клеммные коробки. Клеммы и разъемы должны быть чистыми, без следов коррозии и в идеальном рабочем состоянии. Не допускайте попадания смазки и патины на соединительные детали.

- b) Если на поверхности изоляции имеются загрязнения, следы масла, их необходимо удалить смоченной бензином или спиртом ветошью. При наличии повреждений обмоток их нужно устранить, используя такой же изолирующий материал, либо покрыть поврежденные участки изолирующим лаком.
- c) Если на поверхности вала ротора имеются следы ржавчины, их необходимо удалить с помощью бензина, керосина, растворителя. Возможно применение тонкой наждачной бумаги. Для очистки поверхностей шеек допускается использовать шлифовальную бумагу с зернистостью не менее 800 единиц. Все поверхности вала нужно очистить от грязи, коррозии и поврежденного заводского покрытия и нанести новое.
- d) Обработанные части вала необходимо покрыть антикоррозионным маслом и обернуть парафинированной бумагой.
- e) Удалить из подшипников качения остатки старой смазки, промыть их бензином и закачать новую, согласно данным конструкторской документации.
- f) На двигателях с воздушно-водным охладителем необходимо слить воду из охладителя, осушить, при возможности, для предотвращения возникновения участков коррозии во время хранения. Сушка может производиться предварительно нагретым сжатым воздухом. Зимой, в случае опасности замерзания, необходимо слить всю воду из радиатора, даже если двигатель не работает только короткое время, чтобы предотвратить деформацию труб или повреждение уплотнений. На фланцы установить заглушки, через резиновые прокладки.
- g) Двигатель не предназначен для хранения вне помещений. Условия и требования для хранения изложены в разделе 3.4.

3.6 Проверки и ведение записей во время хранения

Находящийся на хранении двигатель необходимо периодически осматривать, а протоколы осмотров необходимо сохранять.

Необходимо проверить следующие моменты:

1. Физические повреждения;
2. Чистота;
3. Признаки конденсации влаги;
4. Состояние защитного покрытия;
5. Состояние лакокрасочного покрытия;
6. Признаки наличия агрессивных веществ;
7. Удовлетворительная работа нагревателей. Рекомендуются установить в помещении систему сигнализации, чтобы обнаруживать перебои в подаче электроэнергии на нагреватели;

8. Запишите температуру окружающей среды и относительную влажность вокруг двигателя, температуру обмотки (с помощью термометров сопротивления), сопротивление изоляции и индекс поляризации.

3.7 План технического обслуживания во время хранения

В процессе хранения необходимо выполнять техническое обслуживание электродвигателя с внесением соответствующих записей в журнал учета в соответствии с планом, представленным в таблице 3.1.

Таблица 3.1. План хранения

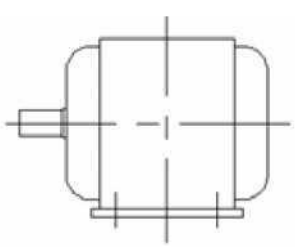
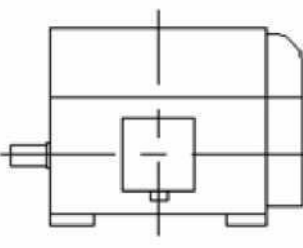
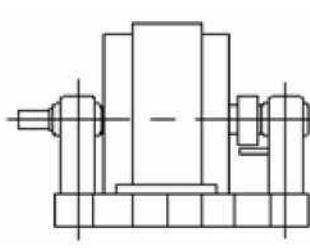
	Ежемес- ячно	Кажды е 2 месяца	Кажды е 6 месяце в	Кажд ые 2 года	Перед запуском	Примечания
Место хранения						
Проверка наличия загрязнений		x			x	
Проверка влажности и температуры		x				
Проверка наличия признаков заражения насекомыми		x				
Упаковка						
Проверка наличия повреждений			x			
Проверка относительной влажности внутри		x				
Замена влагопоглотителя в упаковке (при наличии)			x			По необходимости
Нагреватель						
Проверка рабочего состояния	x					
Двигатель в сборе						
Выполнение внешней очистки			x		x	
Проверка состояния лакокрасочного покрытия			x			
Проверка состояния ингибитора коррозии на открытых механически обработанных деталях			x			
Повторное нанесение ингибитора коррозии			x			
Обмотки						
Измерение сопротивления изоляции		x			x	
Измерение индекса поляризации		x			x	
Коробка выводов и заземляющие клеммы						
Очистка внутренней поверхности коробок				x	x	
Осмотр уплотнений и прокладок				x	x	
Подшипники качения с консистентной или масляной смазкой						
Вращение вала		x				
Повторная смазка подшипников			x		x	
Разборка и очистка подшипников						Если продолжительность хранения превышает 2 года
Подшипники скольжения						
Вращение вала		x				
Нанесение антикоррозионного спрея			x			
Очистка и повторная смазка подшипников					x	
Разборка и помещение деталей на хранение						Если продолжительность хранения превышает 2 года

4. МОНТАЖ

4.1 Обозначение конструктивного исполнения по способу монтажа

В данном руководстве рассмотрены синхронные двигатели с монтажным исполнением IMB3 (IM1001) и IM7211 (графическое изображение конструктивного исполнения по способу монтажа показано в Таблице 4.1).

Таблица 4.1 Конструктивное исполнение двигателя по способу

Условное обозначение способа монтажа	IMB3	IMB3	IM7211 / IM7311
Исполнение двигателя по способу монтажа			

4.2 Фундамент для монтажа двигателя

Монтажный фундамент должен быть прочным и выдерживать динамические и статические нагрузки, указанные в габаритном чертеже двигателя. Жесткость и степень контакта опоры двигателя с фундаментом могут повлиять на вибрационное состояние двигателя во время работы. Поэтому заливка должна выполняться специалистом с глубокими знаниями в области проектирования фундаментов и постоянным контролем строительства, проектирования и выбора материалов, в соответствии со стандартами. Как правило на фундаменте крупногабаритного двигателя заливается стальная опорная плита. При этом тщательно выверяются все габаритные размеры и расположение линии вала двигателя и приводного механизма. Положение двигателя на фундаменте следует отрегулировать с помощью установочных (толщина от 5 мм.) и регулировочных прокладок (толщина от 0,1 до 5 мм). При наборе пакета регулировочных прокладок их максимальное количество не должно превышать 5 шт. и толщины 5 мм. Пользователь несет ответственность за определение размеров и строительство фундамента, на котором будет установлен двигатель. Не снимайте двигатель с общего основания для выравнивания. Основание должно быть выровнено относительно фундамента с помощью уровней.

Если для выравнивания высоты конца вала двигателя по высоте с концом вала присоединяемой машины используется металлическое основание, оно должно быть выровнено относительно бетонного основания.

После выравнивания основания, затяжки анкерных болтов и проверки соединительных муфт металлическое основание и анкерные болты можно цементировать.

Затяжку анкерных болтов выполнять согласно таблице затяжки 4.2

Таблица затяжки 4.2

	Класс прочности									 mm
	3.6	4.6	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9	
	N.m									
M 20	117	156	195	260	312	416	468	585	702	30
M 22	158	211	264	352	422	563	634	792	950	32
M 24	202	270	337	449	539	719	809	1011	1213	36
M 27	298	398	497	663	795	1060	1193	1491	1789	41
M 30	405	540	675	900	1080	1440	1620	2025	2430	46
M 33	550	734	917	1223	1467	1956	2201	2751	3301	50
M 36	708	944	1180	1573	1888	2517	2832	3540	4248	55
M 39	919	1226	1532	2043	2452	3269	3678	4597	5517	60
M 42	1139	1518	1898	2530	3036	4049	4555	5693	6832	65
M 45	1425	1900	2375	3167	3800	5067	5701	7126	8551	70
M 48	1716	2288	2860	3813	4576	6101	6864	8580	10296	75
M 52	2210	2947	3684	4912	5895	7859	8842	11052	13263	80
M 56	2737	3650	4562	6083	7300	9733	10950	13687	16425	85
M 60	3404	4538	5673	7564	9076	12102	13614	17018	20422	90

ВНИМАНИЕ!

Установите двигатель безопасным образом и правильно выровняйте его. Неправильный монтаж может вызвать чрезмерную вибрацию, приводящую к преждевременному износу подшипников и даже поломке вала. Не менее 75% площади опорных поверхностей опор двигателя должно опираться на основание

4.3 Порядок монтажа**4.3.1. Осмотр и установка**

На внутренних и внешних частях двигателя не должно быть масла, воды, пыли и грязи.

Следует удалить ингибитор коррозии с наружных поверхностей с помощью ткани, смоченной растворителем на основе бензина. Убедитесь, что подшипники и полости, используемые для смазки, свободны от загрязнений, а заглушки полостей правильно установлены и герметично закрыты. Следует тщательно удалить следы окисления и царапины с опор подшипников и вала.

После распаковки двигателя следует выполнить его проверку в соответствии с разделом 3.3. Затем установить на предварительно подготовленные фундаментные плиты и пакеты регулировочных прокладок. Двигатель должен быть установлен на поверхности с правильностью плоскости не больше 0,08 мм/м. Убедитесь, что двигатель установлен ровно в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Для регулировки помещайте под двигатель специальные прокладки. Выравнивание двигателя необходимо проверять с помощью соответствующего оборудования. При установке двигателя с разъемным статором необходимо пользоваться инструкцией по монтажу двигателя, входящей в комплект эксплуатационной документации.

4.3.1.а Установка двигателя на подшипниковые стойки

При сборке электродвигателя на подшипниковых стойках, сначала стойки, с нижними полувкладышами, а также нижнюю полустанину, устанавливают на подготовленные фундаментные плиты и выравнивают с помощью прокладок. Вариант установки показан на рис 4.1. Далее выверяют установку подшипниковых стоек и полустанины по основной и поперечным осям в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Одну стойку изолируют от фундамента специальными стеклотекстолитовыми прокладками и втулками.

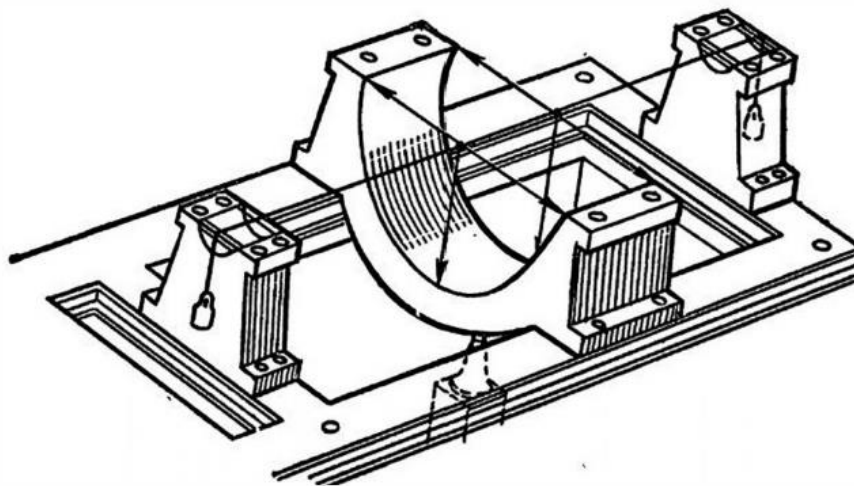


Рис.4.1 Выверка подшипниковых стоек и станины двигателя

После выставления подшипниковых тумб, на них, краном, укладывают ротор. При строповке вал поднимают за несопрягаемые поверхности. Выполняют осмотр шеек и полувкладышей на наличие забоин и повреждений рабочих поверхностей. При незначительных царапинах, вмятинах, их устраняют с помощью тонкой наждачной бумаги или шабера на баббитовых поверхностях полувкладышей.

Стропить ротор за шейки запрещено!

Перед установкой ротора, шейки вала и нижние полувкладыши на тумбах, необходимо смазать маслом (по 150–300 грамм на каждый подшипник). Если ротор приходится ставить на активное железо, либо заводить ротор в статор с опорой на железо статора, (рис.4.2), то между ними необходимо проложить прокладку во избежание повреждения изоляции и активного железа.

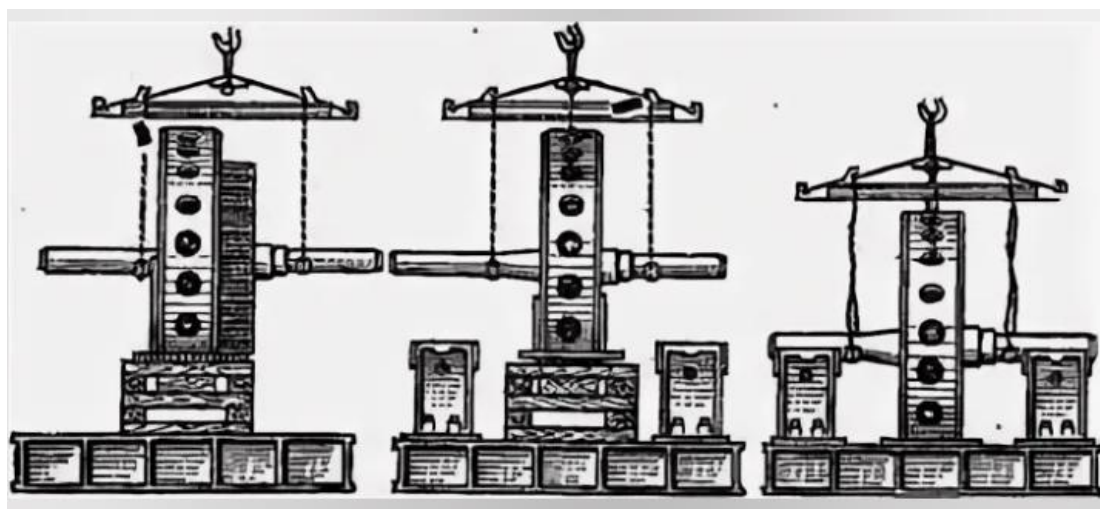


Рис.4.2 Заводка ротора в статор

На следующем этапе сборки выставляются осевые зазоры(разбег) между торцами вкладышей подшипников и галтелями вала (рис.4.3). Зазор должен быть равномерным с двух сторон ($A_1=A_2$).

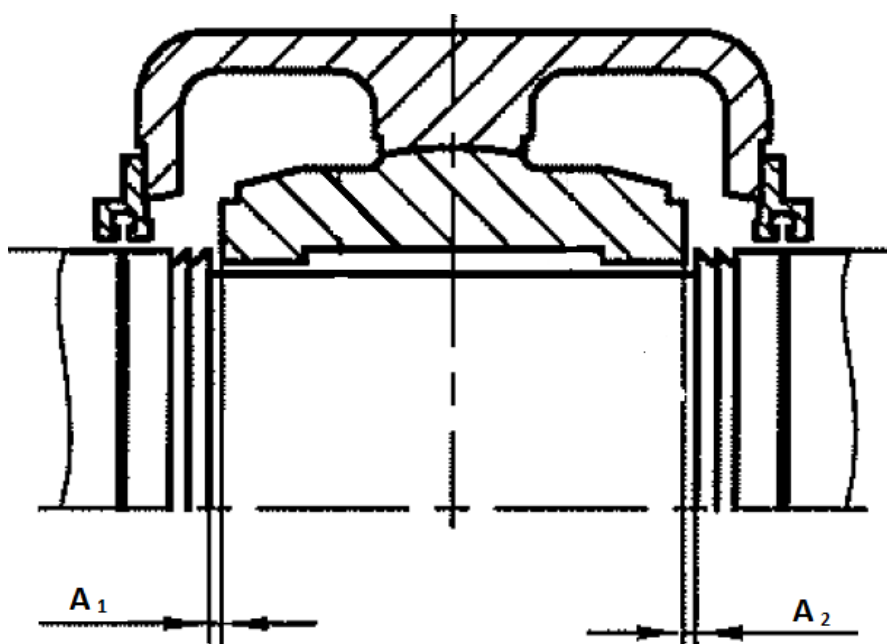


Рис. 4.3 Зазоры по галтелям

Далее проверяют наличие зазора между лабиринтными уплотнениями подшипников и валом ротора. Если зазор отсутствует, необходимо выставить уплотнения таким образом, чтобы вал не касался их при вращении (рис.4.4)

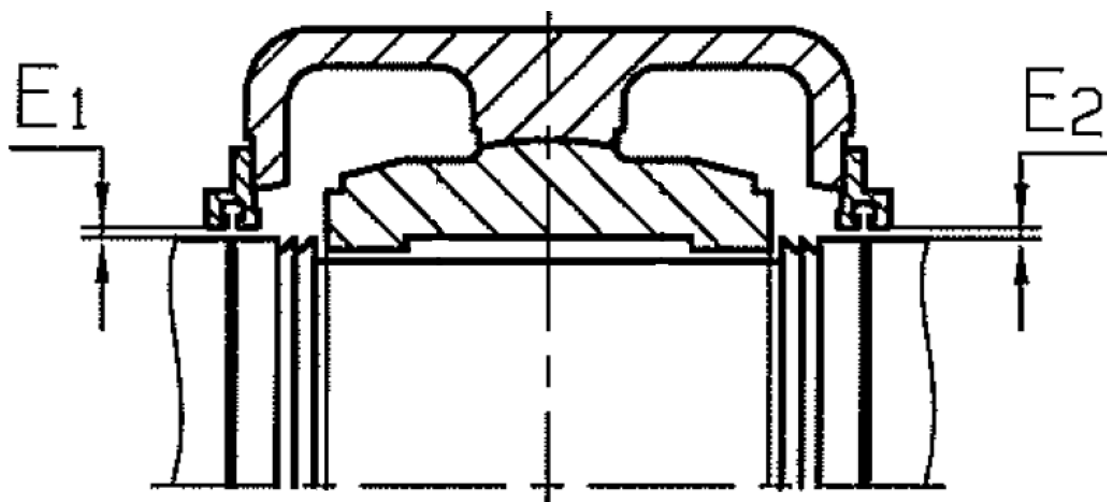


Рис. 4.4 Зазор по лабиринтным уплотнениям

Затем статор выставляют симметрично относительно ротора по активному железу и, после разгонки по воздушному зазору, крепят его к фундаментной плите. Окончательную протяжку крепежа и штифтовку статора и подшипниковых стояков выполняют после обкатки электродвигателя под нагрузкой в течение 72 часов.

4.3.2 Центровка

Двигатель должен быть правильно отцентрован относительно присоединяемой машины. Центровка должна выполняться в соответствии с рекомендациями производителя муфты. Валы двигателя и присоединяемой машины должны совпадать как в осевом, так и в радиальном направлениях. Рисунки 4.5 и 4.6

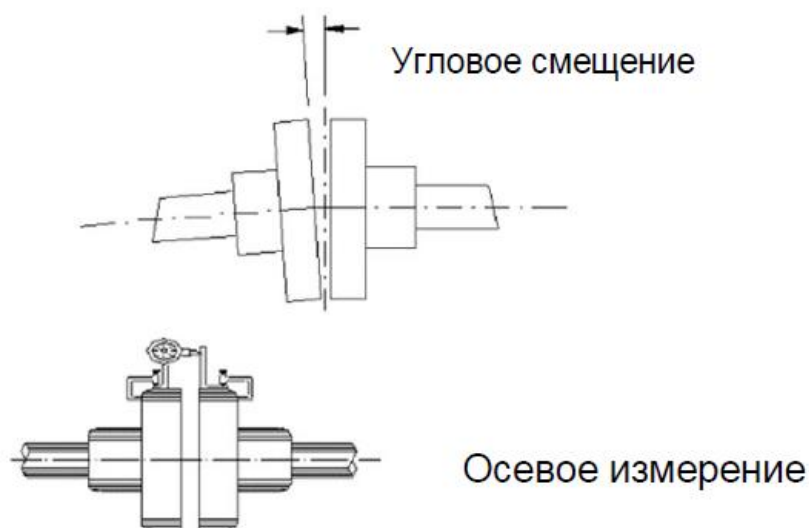


Рис. 4.5 Осевое направление

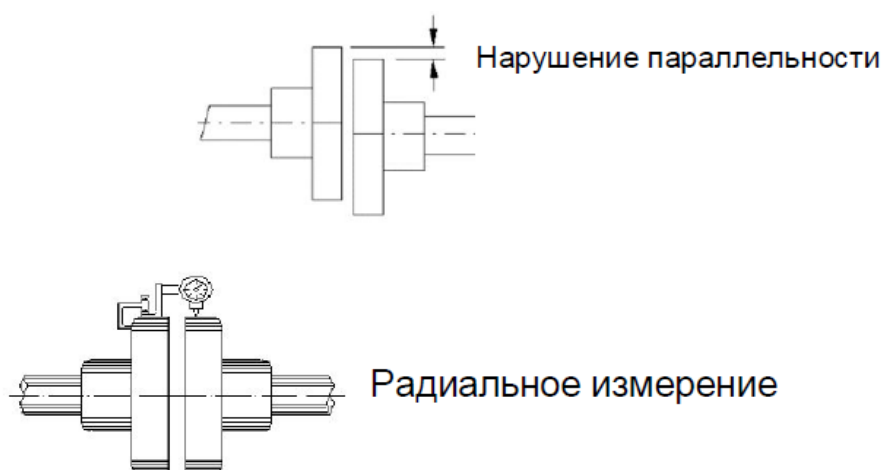


Рис. 4.6 Радиальное направление

а) Определение оси агрегата

Определяют высотную отметку опорных поверхностей приводного механизма и двигателя. Находят продольную осевую линию агрегата и выставляют осевую приводимого механизма относительно этой линии. Муфта приводимого механизма принимается в качестве базы для регулировки осевой линии двигателя. Допускается сначала выставить осевую линию двигателя, а затем совместить ее с осевой линией приводимого механизма.

б) Предварительная центровка

Предварительно совмещают полумуфты двигателя и приводимого механизма: они должны находиться на расстоянии 3-5 мм друг от друга. После этого с помощью металлической линейки, установленной на внешние диаметры полумуфт, визуально оценивают и замеряют радиальное расхождение полумуфт в 4-х точках (сверху, слева, справа и снизу – взгляд с приводной стороны в направлении приводимого механизма), как показано на рисунке 4.7 и рисунке 4.8, и выполняют грубую регулировку положения двигателя. Для обеспечения равномерного радиального зазора проложить необходимые регулировочные прокладки между фундаментной плитой и опорной поверхностью двигателя. Закрепить двигатель фундаментными болтами с затяжкой до 90% и еще раз проверить радиальное расхождение полумуфт с помощью линейки. Грубая центровка выполняется с точностью ± 5 мм.

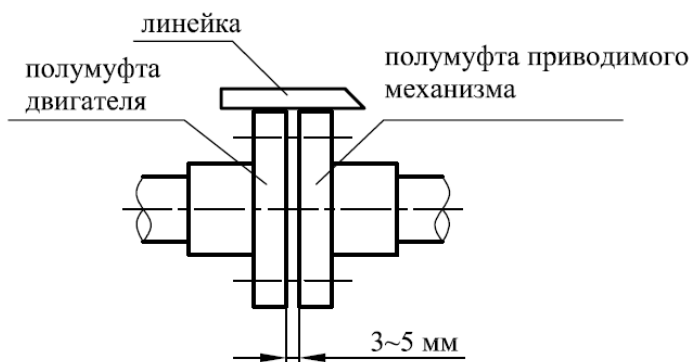
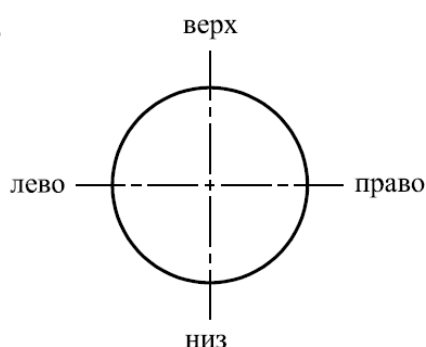


Рисунок 4.7



Запись замеров, взгляд
в направлении приводимого механизма
Рисунок 4.8

Далее корректировка высоты положения двигателя достигается подбором регулировочных прокладок. Для перемещения двигателя влево и вправо допускается использовать кувалду для ударов вдоль ребер опорной рамы двигателя, либо регулировочные отжимные болты для сдвига опорной рамы (как показано на Рисунке 4.9). Центровка выполняется до достижения точности положения полумуфт ± 1 мм. После этого протягивают анкерные болты с усилием затяжки 95% от максимального (см. Таблицу затяжки 4.2.)

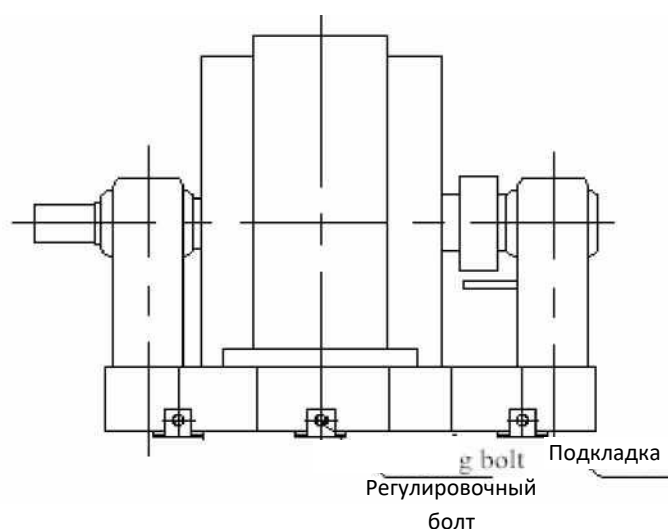


Рисунок 4.9

г) Точная центровка

Выполняется с помощью специальных систем лазерной центровки валов. Рисунок 4.10

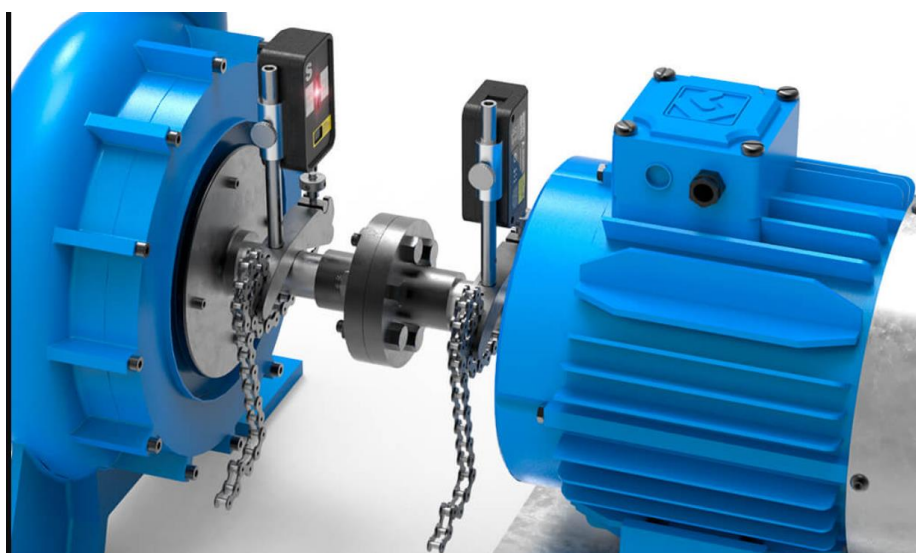


Рисунок 4.10

При отсутствии системы лазерной центровки, возможно выставление агрегатов с помощью индикатора часового типа(микрометр), магнитной стойки и калиброванных щупов.

Для центровки по полумуфтам, магнитную стойку с индикатором ставят на внешний диаметр

полумуфты двигателя, а измерительный наконечник упирают в полумуфту приводимого механизма (как показано на рисунке 4.11). Циферблат индикатора выставляют на ноль и медленно вращают вал двигателя. Чтобы выровнять торцевой зазор между двумя полумуфтами используют калиброванные щупы. Замеры выполняют в 4-х точках, вращая ротор двигателя и выполняя замеры в разных плоскостях (как показано на рисунке 4.8). По окончании центровки необходимо затянуть все фундаментные болты и демонтировать регулировочные болты, после чего произвести окончательную проверку.

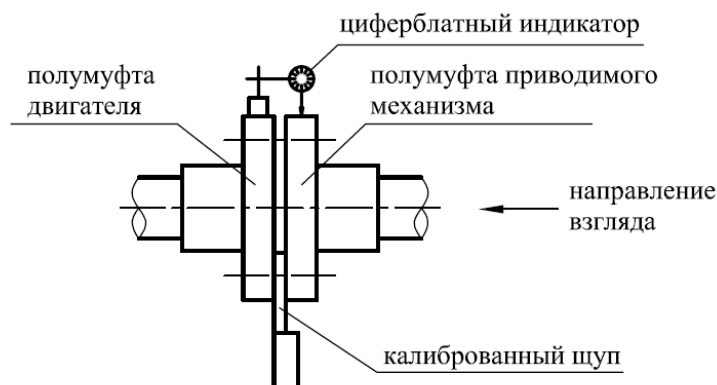


Рисунок 4.11

В случае использования подшипника скольжения необходимо обеспечить положение вала двигателя ниже на 0,05–0,10 мм относительно вала приводимого механизма. Если наружный диаметр муфты меньше $\varnothing 300$ мм, точность центровки должна быть в пределах $\pm 0,05$ мм; если диаметр муфты больше $\varnothing 300$ мм, то точность центровки должна быть в пределах $\pm 0,1$ мм.

4.3.3 Повторная заливка бетоном

После того, как положение двигателя точно отрегулировано, пространство между опорной плитой двигателя и фундаментом должно быть полностью заполнено цементной подливкой. Для приготовления подливки цемент высокой марки прочности необходимо смешать с чистым песком в пропорции 1:1. Подливка цементным раствором должна быть закончена за один раз, что гарантирует монолитность затвердевшего цемента.

4.3.4 Требования к регулировке и установке двигателя

1. Качество монтажа двигателя в значительной степени влияет на эксплуатацию и срок службы подшипников, вибрационное состояние, а также на уровень шума и т.д. Поэтому работы должны выполняться квалифицированными специалистами, обладающими необходимым опытом, и могут гарантировать качество монтажа.
2. Все средства измерений, такие как нивелир, микрометр и т.д., должны быть поверены и соответствовать действующим стандартам. Как правило, используемая толщина регулировочной прокладки составляет 50, 20, 10, 5, 2, 0,5, 0,2 и 0,1 мм при ширине 100 ~ 200 мм. Габариты регулировочных прокладок могут превышать габариты опорных поверхностей двигателя на 30 мм. Прокладки должны быть установлены рядом с фундаментными болтами. Материал, используемый для прокладки – сталь; если толщина менее 0,1 мм, то она может быть изготовлена из медной фольги.

5. ПУСКО-НАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ И ПЕРВЫЙ ПУСК

5.1 Подготовка к пуску. Измерения, проверки и испытания

Все работы по пуску, обслуживанию и контролю за работой двигателя и его оборудования осуществляются персоналом Заказчика, который в своих действиях должен руководствоваться данной инструкцией, правилами технической эксплуатации и указаниями шефперсонала.

Тип пуска синхронных двигателей определяется в проекте и зависит от следующих факторов:

- Мощность короткого замыкания источника питания;
- Допустимое падение напряжения (максимальный ток при минимальном пусковом напряжении);
- Момент сопротивления и момент инерции нагрузки;
- Время запуска;
- Пусковой крутящий момент.

Количество последовательных пусков зависит от используемой процедуры пуска.

Перед пуском:

5.1.1. Двигатель должен быть чистым.

5.1.2. Необходимо убедиться в правильности подключения силовых кабелей, цепи возбуждения и контрольных кабелей. Удостовериться в работоспособности устройства защиты от перегрузки по току. Убедиться в надежности заземления корпуса и защитных кожухов. Проверить соответствие напряжения, частоты сети и прочих параметров с данными, указанными на заводской табличке.

5.1.3. Выполнить проверку на отсутствие посторонних предметов в подшипнике и внутреннем объеме двигателя.

5.1.4. Убедиться в правильности установки графитовых щеток на контактных кольцах (см. раздел 2.7). Провода щеток не должны контактировать с корпусом щеточного узла. Удостовериться в отсутствии контакта щеток разной полярности.

5.1.5. Убедиться, что все крепежные детали надежно затянуты для обеспечения прочности конструкции. Подшипники должны быть заполнены маслом в количестве и в соответствии с типом, указанным в габаритном чертеже. При принудительной подаче масла от внешней маслостанции необходимо сверить её параметры с требованиями к маслу, указанными в габаритном чертеже на двигатель. Ротор при проворачивании должен вращаться плавно, при этом во время прокрутки не должно быть слышно посторонних шумов в подшипнике и статоре.

5.1.6. Измерить воздушный зазор между верхней частью сердечника полюса ротора и сердечником статора с помощью щупа. Величины воздушных зазоров в диаметрально противоположных точках не должны отличаться друг от друга более чем на $\pm 10\%$ от среднего размера зазора. Рис. 5.1 Данные замеров занести в таблицу 5.1

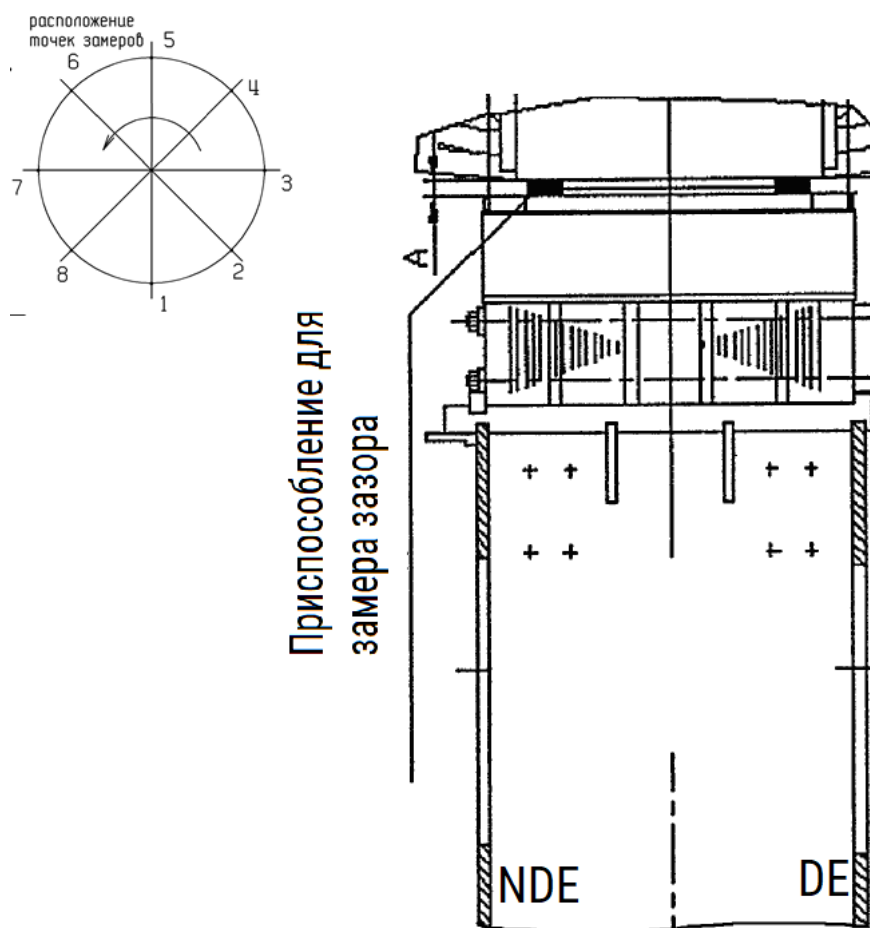


Рисунок 5.1 Замеры воздушного зазора

Таблица 5.1 Значения воздушного зазора

Номер точки замера	Значение, мм
	A
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

5.1.7. Проверить сопротивление изоляции обмотки статора и обмотки ротора относительно земли.

Перед измерением сопротивления изоляции обмотки статора:

- Отсоедините все подключения к клеммам статора;

- Отсоедините и изолируйте все трансформаторы тока и трансформаторы напряжения (при наличии);
- Заземлите корпус двигателя;
- Измерьте температуру обмоток;
- Заземлите все датчики температуры;
- Проверьте влажность;
- Отсоедините заземление нейтрали;
- Убедитесь, что шины двигателя не заземлены.

Измерение сопротивления изоляции обмоток статора должно производиться в главной коробке выводов. Прибор (мегаомметр) должен быть подключен между корпусом двигателя и обмоткой. Корпус должен быть заземлён, а три фазы обмотки статора должны оставаться подключенными к нейтрали как показано на рис. 5.1

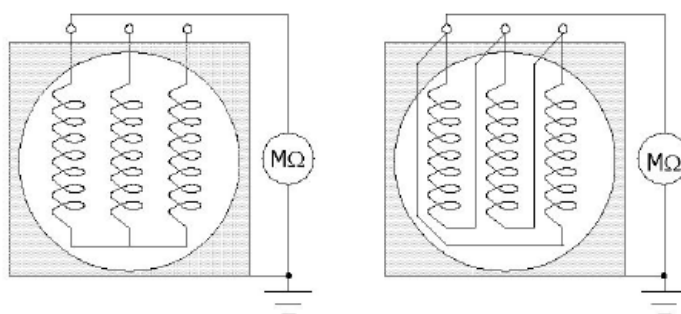


Рисунок 5.1 Подключение мегаомметра

По возможности каждую фазу необходимо изолировать и проверять по отдельности. Отдельные измерения позволяют сравнивать фазы между собой. При проверке одной фазы две другие должны быть заземлены на одну и ту же точку корпуса, как показано на рис. 5.2

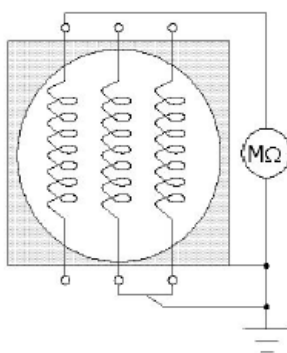


Рисунок 5.2 Подключение мегаомметра к отдельным фазам

Если общее измеренное значение сопротивления изоляции обмотки меньше рекомендуемого, соединения с нейтралью должны быть разорваны, а сопротивление изоляции каждой фазы должно быть измерено отдельно.

Испытательное напряжение для обмоток двигателя должно соответствовать таблице 5.2 и стандарту IEEE43.

Таблица 5.2

Номинальное напряжение обмотки (В)	Испытание сопротивления изоляции — постоянное напряжение (В)
< 1000	500
1000 - 2500	500 - 1000
2501 - 5000	1000 - 2500
5001 - 12 000	2500 - 5000
> 12 000	5000 - 10000

Если значение сопротивления изоляции обмотки статора и обмотки ротора меньше значений указанных в таблице 5.2, то двигатель следует высушить перед пуском (методика проведения сушки описывается в разделе 9).

5.1.8. Проверить сопротивление обмоток статора постоянному току. Измерение производится при практически холодном состоянии машины. Приведенные к одинаковой температуре измеренные значения сопротивлений различных фаз обмоток статора не должны отличаться друг от друга и от исходных данных больше чем на 2%.

Данное измерение производится у синхронных двигателей на напряжение 3 кВ и выше.

5.1.9. Проверить сопротивление обмотки ротора постоянному току. Приведенное к исходной температуре значение сопротивления не должно отличаться от исходных данных больше чем на 2%.

Измерение на обмотке ротора:

- Отсоедините кабели ротора от набора диодов и от разрядного резистора (при наличии);
- Подключите прибор для измерения сопротивления изоляции (мегаомметр) между обмоткой ротора и валом двигателя. Измерительный ток не должен проходить через подшипники.

Данное измерение производится у синхронных двигателей на напряжение 3 кВ и выше.

5.1.10. Испытание обмоток повышенным напряжением промышленной частоты

Перед вводом в эксплуатацию обмотки статора и ротора испытать номинальным напряжением промышленной частоты (предварительно выполняется измерение по п. 5.1.7). Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин.

При отсутствии испытательной установки переменного напряжения допускается испытание изоляции обмотки статора выпрямленным напряжением, равным 1,6 испытательного напряжения промышленной частоты.

Данные испытания в период проведения планового ремонта выполняются после очистки обмотки от загрязнений.

5.1.11. Проверить состояние смазки подшипника: смазочный материал подшипника качения должен быть чистым, без примесей посторонних частиц, воды или признаков ухудшения цвета и консистенции. При необходимости добавить требуемое количество смазки (или заменить ее), используя указанную в технических требованиях габаритного чертежа марку смазки. Если на

габаритном чертеже не указана марка смазки, то для двигателей с 2 ~ 8 полюсами рекомендуется использовать авиационную смазку 7008 (либо аналоги), а для двигателей с более чем 10 полюсами – смазка марки Molykote № 3 (либо аналоги). Категорически запрещается смешивать между собой разные виды смазочных материалов. Если марка смазки в корпусе подшипника не известна, новую смазку можно добавлять только после того, как оригинальная смазка будет полностью удалена из подшипника.

5.1.12. Подшипники скольжения можно заполнять смазочным маслом в соответствии с требованиями чертежа только после удаления заводского антикоррозионного покрытия, при этом утечка масла не допускается.

5.1.13. Убедиться в работоспособности шкафа возбуждения.

5.1.14. Для двигателя с воздушно-водяным охлаждением предварительно перед запуском проверить систему охлаждения на герметичность давлением воды 0,25 МПа. В случае выявления утечек воды двигатель разрешается запускать только после их устранения. Перед запуском необходимо подать воду в систему охлаждения.

5.1.15. Для двигателей с внешним вентилятором охлаждения перед пуском проверить свободное прохождение воздуха в системе вентиляции

5.1.16. Для подшипников, смазываемых от сторонней маслостанции, перед включением в сеть необходимо включить подачу масла. Проверить температуру масла и её расход в соответствии с требованиями габаритного чертежа.

5.2 Первый пуск

Первым пуском называется пуск после сборки, ремонта и длительного перерыва в работе двигателя. Рекомендуется производить первый пуск двигателя без нагрузки при условии, что двигатель и приводимый механизм отсоединены друг от друга. Синхронные двигатели зачастую могут запускаться напрямую от сети с полным напряжением при условии номинального напряжения и номинальной частоты и т.д. Если мощность сети недостаточно велика, прямой пуск может привести к возникновению очень большого тока и к слишком сильному падению напряжения в сети, что может повлиять на нормальную работу остального оборудования. В связи с этим допускается снижение пускового напряжения до 90% от номинального. Если падение пускового напряжения превысит допустимую норму, это может привести к тому, что пусковой момент будет слишком мал для запуска двигателя, поскольку пусковой момент прямо пропорционален напряжению.

5.2.1 Процедура первого запуска

После проведения всех предварительных проверок действуйте в соответствии с указаниями, представленными далее, чтобы выполнить первый запуск отсоединенного двигателя:

1. Выключите нагреватель;
2. Настройте устройства защиты на панели защиты/возбуждения двигателя;
3. Проверьте уровень масла подшипников с масляной смазкой;
4. Для подшипников с принудительной смазкой запустите систему циркуляции масла и

проверьте уровень, расход и давление масла на соответствие данным паспортной таблички.

5. Если система оснащена оборудованием для измерения расхода масла, дождитесь сигнала обратной связи от системы циркуляции масла для обоих подшипников, указывающего, что в них есть масло;

6. Запустите систему охлаждения промышленной водой, проверьте значения расхода и давления (для двигателей с воздушно-водяным теплообменником);

7. Включите вентиляторы (для двигателей с принудительной вентиляцией);

8. Включите систему впрыска масла высокого давления (при наличии) и держите ее включенной в соответствии с информацией из технической документации к двигателю до момента, когда подшипники начнут смазываться самостоятельно;

9. Отпустите тормоза (при наличии);

10. Проверьте направление вращения двигателя;

11. Поддерживая номинальную частоту вращения двигателя, регистрируйте значения температуры подшипников через каждые 15–60 минут до момента ее стабилизации. Любые резкие повышения температуры подшипников указывают на неисправность смазочной системы или проблемы с поверхностями трения подшипников;

12. Контролируйте температуру, уровень масла подшипников и уровень вибрации. При значительных отклонениях этих значений прервите запуск двигателя, определите причины отклонений и устраните неполадки;

13. После завершения разгона двигателя проверяется работа оборудования без нагрузки в течение 1–3 часов, в это время выполняются следующие проверки:

- на отсутствие превышения допустимой вибрации;
- на отсутствие превышения допустимых температур;
- на отсутствие утечек масла и воды.

14. Когда температура подшипников стабилизируется, можно запускать двигатель с нагрузкой и нормально эксплуатировать его.

Если двигатель не запускается в течение 1–2 секунд после подключения к источнику питания, необходимо немедленно отключить его от сети питания. Повторный запуск разрешается только после того, как неисправность будет обнаружена и устранена.

В нормальных условиях, чтобы продлить срок службы двигателя, количество попыток пуска двигателя в холодном состоянии и при нормальной температуре не должно превышать двух с интервалом между двумя пусками не менее пяти минут. Пуск двигателя в горячем состоянии при номинальной рабочей температуре допускается не более одного раза. Если двигатель в холодном состоянии и нормальной температуре с первого раза не запускается, следующий пуск разрешается выполнять не ранее, чем через пять минут. В случае повторного неудачного пуска необходимо найти неисправность и выполнить пуск двигателя не ранее, чем через 4 часа.

Сопротивление пусковых резисторов в системе возбуждения должно в $5 \sim 10$ раз превышать сопротивление обмотки ротора, в противном случае во время запуска двигателя в обмотке ротора возникнет высокое напряжение, которое приведет к выходу из строя витков обмотки статора и к выходу из строя выпрямителей в шкафу возбуждения. Когда двигатель подключен к сети питания, ротор начинает разгон. Сопротивление пусковых резисторов может быть отключено только после того, как скорость двигателя достигнет 95% номинальной скорости. Затем подается ток возбуждения в обмотку ротора. Если подать ток возбуждения слишком рано, произойдет рассинхронизация и двигатель будет поврежден. Весь процесс пуска и возбуждения двигателя может быть выполнен автоматически с помощью тиристорной системы возбуждения, управляемой контроллером. Ток возбуждения должен быть отрегулирован таким образом, чтобы параметры двигателя соответствовали номинальному режиму работы.

ВНИМАНИЕ!

По окончании сборки и пуско-наладочных работ на двигателе, необходимо составить и подписать акт выполненных работ.

В акте указывают:

1. Ответственных за весь объем выполненных работ со стороны исполнителя и заказчика;
2. Срок начала и окончания работ;
3. Параметры и серийные номера установленного оборудования;
4. Последовательность выполнения работ;
5. Протоколы всех выполненных замеров (воздушный зазор между ротором и статором, зазор по галтелям, протокол центровки и т.п.);
6. Протоколы всех проведенных испытаний с указанием приборов и дат поверки (электрические испытания, вибродиагностика и т.п.);
7. Марки смазывающих материалов и их количество, протокол лабораторного анализа масла;
8. Материалы, применяемые для монтажа и их количество;
9. Эскизы выполненных доработок;
10. Рекомендации по периодичности и объемам работ при ТО;
11. Список приложений и формуляров с замерами параметров;

6. РАБОТА И ОСТАНОВКА ДВИГАТЕЛЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ВО ВРЕМЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

6.1 Работа и остановка двигателя

После первого запуска проверяется работа двигателя в течение 1–2 часов без нагрузки или с небольшой нагрузкой (см. раздел 5.2). При отсутствии замечаний к работе двигателя допускается подключать нагрузку.

Во время работы двигателя необходимо соблюдать следующие условия:

6.1.1. Пространство вокруг двигателя должно содержаться в чистоте. Посторонние предметы, масло, вода и т.д. не должны попадать в двигатель. Рекомендуется установить вокруг двигателя ограждение или проволочную сетку, чтобы исключить прикосновение персонала к двигателю во избежание поражения электрическим током или получения механических травм. Температура окружающей среды вокруг двигателя не должна превышать плюс 40 °С.

6.1.2. Во время нормальной работы двигателя следует контролировать и проверять все рабочие параметры двигателя, такие как: напряжение, ток, частота источника питания, напряжение возбуждения, ток возбуждения, температура обмотки статора, температура подшипников, температура масла, расход масла (при использовании внешней маслостанции), параметры давления воды, расхода и температуры для двигателя с водо-воздушным охладителем, а также величины вибрации двигателя и т.д. Если обнаружена неисправность двигателя, необходимо немедленно её устранить. Запрещается продолжать работу двигателя при наличии какой-либо неисправности.

6.1.4 При остановке двигателя, сначала необходимо снять нагрузку с двигателя и отключить трехфазный источник питания, а затем отключить ток возбуждения и питание остального вспомогательного оборудования. Не разрешается отключать ток возбуждения перед отключением трехфазного источника питания двигателя, в противном случае двигатель будет рассинхронизирован, что приведет к повреждению двигателя. Ротор двигателя высокой скорости, большой мощности или с большим моментом инерции будет продолжать вращаться после отключения питания. Поэтому в случае использования для смазки подшипников сторонней маслостанции запрещается её отключение до остановки двигателя. Для двигателей с водо-воздушным теплообменником отключение подачи воды может осуществляться только спустя 30 минут после остановки двигателя.

6.2 Периодические осмотры во время эксплуатации и техническое обслуживание

6.2.1 Контроль температуры

В ходе работы двигателя кроме номинальных параметров следует регулярно (в автоматическом режиме) проверять, чтобы значения температур обмотки статора, сердечника статора и подшипников двигателя не превышали значений, указанных в таблице 6.1. В случае, если температура элемента быстро или внезапно изменяется, либо двигатель частично перегревается, то необходимо остановить двигатель для поиска неисправности и своевременного её устранения.

Таблица 6.1 – Пределы температур элементов двигателя

Наименование элемента двигателя	Температура, °C					
	Класс В		Класс F		Класс H	
	сигнализация	отключение	сигнализация	отключение	сигнализация	отключение
Обмотка статора	105*	110*	125*	130*	145*	150*
Сердечник статора	95*	100*	115*	120*	140*	145*
Контактное кольцо	-	100*	-	110*	-	120*
Вкладыш подшипника скольжения	70	80	70	80	70	80
Обойма подшипника качения	85	95	85	95	85	95
Температура горячего воздуха на выходе из двигателя	75*	80*	95*	100*	120*	125*
Температура холодного воздуха на нагнетании	35	40	35	40	35	40

Примечание

* при температуре охлаждающего воздуха выше плюс 30 °C величина уставок со знаком * может быть увеличена на 10 °C.

6.2.2 Техническое обслуживание подшипников**Технические данные подшипников**

Технические данные подшипников, расход, количество и тип масла, указаны на паспортной табличке. Требования должны строго соблюдаться во избежание перегрева и повреждения подшипников.

Монтаж гидравлического оборудования (для подшипников с принудительной смазкой) и подача масла для подшипников двигателя обеспечиваются заказчиком.

Установка и эксплуатация подшипников

Спецификации, инструкции по сборке-разборке и план технического обслуживания см. в руководстве по установке и эксплуатации подшипников.

6.2.2.1 Эксплуатация подшипников скольжения

Пуск системы и первые часы работы требуют особого контроля.

Перед пуском выполните следующее:

1. Убедитесь, что впускной и выпускной патрубки масла (при наличии) чистые. Очистите трубы травлением, если это необходимо;
2. Убедитесь, что используемая смазка соответствует данным на паспортной табличке;
3. Проверьте характеристики смазки;
4. Проверьте уровень масла;
5. Проверьте значения температуры срабатывания сигнализации и отключения, установленные для подшипников.

При первом пуске обращайте внимание на необычные шумы и вибрацию. Если подшипник не работает бесшумно и плавно, двигатель должен быть немедленно остановлен.

Стабилизация температуры двигателя занимает несколько часов с момента его запуска. В случае перегрева подшипников необходимо остановить двигатель для проверки подшипников и датчиков температуры.

Убедитесь, что отсутствуют утечки масла через пробки, уплотнительные прокладки и конец вала.

6.2.2.2 Техническое обслуживание подшипников скольжения

Техническое обслуживание подшипников скольжения включает следующее:

- Периодические проверки уровня масла и условий смазки;
- Проверка уровня шума и вибрации;
- Контроль рабочей температуры и затяжка крепежных и установочных винтов;
- Очистку корпуса для предотвращения скопления пыли или масла, ухудшающих теплообмен с окружающей средой;
- Электрическую изоляцию подшипника неприводной стороны; Сферические посадочные поверхности вкладыша подшипника в корпусе покрыты изоляционным материалом. Никогда не удаляйте это покрытие;
- Изоляцию стопорного штифта и уплотнения из непроводящего материала;
- Изоляцию устройств контроля температуры, контактирующих с вкладышем подшипника.

ВНИМАНИЕ!

Обеспечение надлежащей смазки определяет срок службы подшипников и безопасность эксплуатации двигателя.

Поэтому необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- Выбранное смазочное масло должно иметь соответствующую вязкость при рабочей температуре подшипников. Это необходимо соблюдать при каждой замене масла или периодическом техническом обслуживании;
- Запрещается использовать или смешивать гидравлическое масло со смазочным маслом для подшипников;
- Падение уровня масла из-за недолива или не замеченной вовремя утечки может привести к повреждению вкладышей подшипников;

- Минимально допустимый уровень достигается, когда масло находится на уровне нижней части смотров.

6.2.2.3 Замена смазки

Самосмазывающиеся подшипники: Замена масла подшипника должна выполняться с периодичностью, зависящей от рабочей температуры, как показано в таблице 6.2

Таблица 6.2

Рабочая температура подшипников	Периодичность замены масла подшипников
Ниже 75 °С	20 000 часов
От 75 до 80 °С	16 000 часов
От 80 до 85 °С	12 000 часов
От 85 до 90 °С	8000 часов
От 90 до 95 °С	6000 часов
От 95 до 100 °С	4000 часов

Подшипники с (внешней) циркуляцией масла:

Замена масла в подшипниках должна производиться через каждые 20 000 часов работы или при изменении характеристик масла. Вязкость масла и pH необходимо периодически проверять.

Примечание

Уровень масла следует контролировать ежедневно, поддерживая его приблизительно на середине смотрового стекла.

Для смазки подшипников следует использовать только рекомендуемое масло с соблюдением значений расхода, указанных на паспортной табличке; Все неиспользуемые резьбовые отверстия должны быть закрыты пробками, а соединения не должны подтекать.

Уровень масла должен поддерживаться приблизительно на уровне середины смотрового стекла. Излишек масла не приведет к повреждению подшипников, но может вызвать утечки через уплотнения вала.

6.2.2.4 Уплотнения

Производите осмотр уплотнения для того, чтобы следы трения уплотнения по валу не нарушали его целостность, проверяйте наличие трещин и поврежденных деталей. Детали с трещинами и повреждениями следует заменить. Для сборки уплотнения после технического обслуживания подшипника аккуратно очистите контактные поверхности уплотнения и его корпус и покройте уплотнение не затвердевающим составом (например: Curil T).

Половины таконитового уплотнения должны быть соединены кольцевой пружиной.

Прочистите от засоров дренажные отверстия в нижней части уплотнения. Неправильная установка может привести к повреждению уплотнения и утечке масла.

6.2.3 Контроль параметров щеточного узла и контактных колец

Периодически (минимум раз в смену) необходимо контролировать отсутствие искр под щетками и проверять условия работы щеток (например, контакт щетки и контактного кольца, степень износа и подвижность щетки в держателе щетки), а также состояние поверхности токосъемного кольца (например, наличие каких-либо выгоревших участков, углублений, коррозии, загрязнений и т.д.). При выявлении подобных неисправностей их требуется незамедлительно устранить.

Контактное кольцо является связующим звеном для прохождения тока между обмоткой возбуждения и неподвижной щеткой, поэтому контактное кольцо должно иметь хорошую отшлифованную поверхность, чтобы предотвратить образование искр во время работы. При необходимости можно использовать наждачную бумагу №0 для шлифовки щеток. Для притирки щетки необходимо разрезать наждачную бумагу на полосы, поместить ее между поверхностью контактного кольца и щетки. После поджатия щетки с помощью пружины на держателе щетки потянуть наждачную бумагу вдоль поверхности токосъемного кольца в соответствии с направлением вращения двигателя.

В случае возникновения искр под щеткой или при повышении температуры щетки необходимо убедиться, что щетка не заблокирована в корпусе или не перекошена. Поверхность щетки должна плотно прилегать к контактному кольцу. Убедиться, что давление на щетку не слишком высокое или не слишком низкое. При выявлении любой неисправности её требуется незамедлительно устранить.

Во избежание образования канавок от трения щетка не должна выступать за край контактного кольца. При износе щетки до 25–30 мм, заменить ее новой щеткой той же марки и того же размера. Щетки одной полярности должны быть заменены полностью, замена части щеток не допускается.

Поверхность контакта новой щетки с токосъемным кольцом должна быть отшлифована мелкой наждачной бумагой (технология описана выше). Первые 2 часа после замены щеток двигатель должен работать при небольшой нагрузке (для достижения площади контакта щеток более 80 %).

При замене щеток необходимо очистить от загрязнений щеткодержатели, изоляцию опорного винтового стержня, изоляцию между кольцами и все токопроводящие элементы. Состояние щеточного узла и деталей контактного кольца необходимо проверять каждый месяц, и их чистку необходимо производить один раз в три месяца.

Во время работы на поверхности контактных колец образуется графитовая оксидная пленка. Во избежание повреждения этой пленки необходимо избегать ненужной шлифовки. Использовать бензин или керосин для протирки контактного кольца допускается только тогда, когда на нем прочно налипли отложения масла или угольной пыли.

Для уменьшения износа контактных колец рекомендуется менять полярность щеток (смена положительных и отрицательных полюсов) 1–2 раза в год.

6.2.4 Контроль состояния охладителя

Необходимо выполнять периодический контроль расхода и температуры воды на входе в водо-воздушный охладитель. При выявлении утечки воды ее необходимо своевременно

устранить.

При выявлении снижения расхода воды (для водо-воздушного охладителя) и в случае подъема температуры охлаждающего воздуха необходимо в ближайший останов выполнить очистку охлаждающих трубок от засорений.

6.2.5 Контроль состояния ротора

После длительной работы двигателей с опорными подшипниками во время остановки необходимо вскрыть торцевые щиты и выполнить визуальный осмотр состояния магнитных полюсов на предмет вздутия и смещения витков. Проверить отсутствие перегрева демпфирующей обмотки, особенно в местах паяных соединений. Убедиться в надежности крепления соединительных элементов демпфирующего кольца. Все крепежные элементы ротора должны быть плотно затянуты и застопорены.

6.2.6 Контроль параметров сети питания

Периодически необходимо выполнять контроль номинальных параметров напряжения питания, тока статора, частоты, коэффициента мощности, напряжения возбуждения, тока возбуждения и т.д. Согласно ГОСТ МЭК 60034-1-2007 допустимое значение отклонения напряжения питания составляет $\pm 5\%$, отклонение частоты $\pm 2\%$. Если эти параметры превышены, необходимо привести их в соответствие. Номинальный коэффициент мощности двигателя составляет 0,9%, при отклонениях отрегулировать ток возбуждения. Напряжение и ток возбуждения не должны превышать значений, указанных в паспортной табличке двигателя.

6.2.7 Контроль сопротивления изоляции

Сразу же после остановки двигателя необходимо выполнить замер сопротивления изоляции двигателя в горячем состоянии с помощью мегомметра. Измеренное значение не должно быть ниже значения, полученного по следующей формуле:

$$R = \frac{U}{1000 + \frac{P}{100}},$$

где: R – Сопротивление изоляции (МОм);
U – Номинальное напряжение двигателя (В)
P – Мощность двигателя (кВт).

Примечание

Сопротивление изоляции измеряется при номинальном напряжении обмотки до 0,5 кВ включительно мегомметром на напряжение 500 В, при номинальном напряжении обмотки свыше 0,5 кВ до 1 кВ – мегомметром на напряжение 1000 В, а при номинальном напряжении обмотки выше 1 кВ – мегомметром на напряжение 2500 В.

6.2.8 Контроль окружающей среды двигателя

Необходимо периодически производить контроль условий работы и состояния окружающей среды двигателя в соответствии с пунктом 1.4. Если температура окружающей среды превышает плюс 40°C, необходимо принять меры для ее снижения. Необходимо также

исключить присутствие легковоспламеняющихся или агрессивных газов, за исключением двигателей в пожаробезопасном исполнении.

6.2.9 Запасные детали

В таблице 6.3 перечислены необходимые запасные детали, которые следует держать в наличии для проведения рекомендованных работ по техническому обслуживанию, а также дополнительные запасные детали, которые могут понадобиться для замены.

Таблица 6.3. Перечень обязательных и дополнительных запасных деталей

Запасные детали	
Датчик температуры для передних и задних подшипников	
Обогреватель	
Фетр для фильтра (при наличии)	
Заземляющая щетка	
Задние и передние подшипники для двигателя вентилятора (если применимо)	
Смазка для подшипников	
Датчик вибрации для переднего и заднего подшипника (если применимо)	
Преобразователь сигнала вибрации для переднего и заднего подшипника (если применимо)	
Датчик температуры воздуха (если применимо)	
Датчик температуры воздуха (если применимо)	
Датчик утечки воды в сборке (если применимо)	
Реле-повторитель для датчика утечки воды (если применимо)	
Клапан регулирования расхода воды (если применимо)	
Двигатель для вентилятора	
Подшипник качения (по одному для каждого подшипника)	Подшипник
	Тефлоновое уплотнение
	Внутренняя крышка подшипника
	Внешняя крышка подшипника
	Клапан консистентной смазки
	Кольцо с лабиринтом
	Цилиндрическая нажимная пружина
	Кольцо защиты от проникновения влаги
Подшипник скольжения (по одному для каждого подшипника)	Вкладыш подшипника в сборке
	Плавающее лабиринтное уплотнение
	Механическое уплотнение
	Свободное смазочное кольцо
	Клапан регулирования расхода масла (если применимо)

Примечание

Размещая заказ на запчасти, укажите тип и серийный номер электродвигателя, указанные на паспортной табличке двигателя.

Запасные части следует хранить в чистом, сухом и хорошо проветриваемом помещении, по возможности при постоянной температуре.

7. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОВЕРОК И ТО

При эксплуатации необходимо регулярно проводить осмотры, техническое обслуживание и ремонты двигателя согласно требованиям настоящего раздела для обеспечения его эффективной работы и снижения эксплуатационных затрат до минимума.

Периодичность проверок и ремонта электрооборудования устанавливается техническим руководителем предприятия с учетом условий и опыта эксплуатации, технического состояния и срока службы электрооборудования, но не реже одного раза в три года. При этом первый ремонт и осмотр оборудования должен выполняться не позднее, чем через 1 год работы. Такое требование вызвано тем, что приработка отдельных частей друг к другу проходит наиболее интенсивно в начальной стадии эксплуатации, требуя своевременного принятия мер к устранению возможных ослаблений, чистки и т.д.

В целях обеспечения надежности и качества восстановления технико-экономических показателей двигателя необходимые проверки и ремонты двигателя должны выполняться под техническим руководством специалистов АО «Техногрупп».

7.1 Остановка двигателя

Для выполнения проверок и ремонта после длительной работы двигатель должен быть остановлен. Требования по выполнению остановки двигателя описаны в пункте 6.1.4.

7.2 Порядок разборки и сборки двигателя

7.2.1. Отсоединить силовые кабели и провода источника питания вспомогательных приборов, устройств контроля, системы измерения температуры и системы возбуждения.

7.2.2. В самосмазывающихся подшипниках скольжения слить смазочное масло. В подшипниках с циркуляцией масла под давлением (от сторонней маслостанции) отсоединить трубы подачи и слива масла.

7.2.3. Отсоединить трубы подвода и слива воды из охладителя. Демонтировать охладитель и слить охлаждающую воду (если используется водо-воздушный охладитель).

Демонтировать кожух контактного кольца и щеткодержатель (для щеточного узла наружного исполнения).

7.2.4. Демонтировать торцевые крышки охладителя. Для двигателей в исполнении для использования на открытом воздухе: если снаружи имеется защитный кожух, следует сначала демонтировать его.

7.2.5. Выкрутить фундаментные болты и позиционирующие штифты, отсоединить полумуфту вала.

7.2.6. Демонтировать полумуфту с приводной части вала (при необходимости).

7.2.7. Демонтировать наружные крышки подшипников, термодатчики и т.д.

Если двигатель оснащен подшипниками скольжения, демонтировать верхние крышки подшипников с обоих концов и верхние половины вкладышей подшипников. Для выкатки

нижних половин вкладышей подшипников необходимо одновременно поднять оба конца ротора (обратите внимание: высота подъема должна быть меньше, чем воздушный зазор двигателя); затем повернуть нижние половины вкладышей подшипников вверх и снять их. Демонтировать стояки подшипников.

7.2.8. Проложить деревянные прокладки между сердечником статора и магнитными полюсами и уложить ротор на расточку сердечника статора.

7.2.9. Для двигателей со стоячковыми подшипниками и с круглым корпусом, должны быть демонтированы торцевые щиты с обеих сторон корпуса. Для двигателей корпусного типа необходимо демонтировать не только торцевые щиты с обеих сторон, но и кожух вентилятора. Для двигателей, оснащенных подшипниками качения, если подшипник находится в хорошем состоянии, его можно не демонтировать.

7.2.10. Для вывода ротора из статора ротор должен быть приподнят приблизительно на $1/2$ воздушного зазора. В процессе вывода необходимо следить, чтобы ротор не ударялся о статор во избежание повреждения обмоток статора и ротора.

7.2.11. В синхронных двигателях с длинным валом, оснащенных стоячковыми подшипниками и круглым разъемным корпусом, статор сдвигается на ширину магнитных полюсов ротора с вентиляционными лопастями. После демонтажа верхнего сегмента корпуса статора, крышек подшипников и верхних половин вкладышей подшипников, возможно вывести ротор из двигателя.

7.2.12. У синхронных двигателей среднего и малого размера, оснащенных подшипниками качения, демонтировать внутреннюю и наружную крышки подшипника, уплотнения и втулку подшипника, затем вывести ротор с помощью специального подъемного инструмента. После того как сердечники статора и ротора отделятся друг от друга, под ротор необходимо проложить деревянные прокладки, и после перестропки отвести ротор в сторону.

После вывода ротора из статора можно производить проверку состояния двигателя и его обслуживание.

7.2.13. Сборка двигателя осуществляется в последовательности, обратной процедуре его разборки.

7.3 Важные моменты при выполнении разборки и обратной сборки двигателя

7.3.1. Во время разборки двигателя необходимо фиксировать всю процедуру разборки, маркировать все детали и их положение. Для некоторых деталей следует сделать пометки, чтобы гарантировать, что они будут правильно установлены в свои штатные положения. Обращать внимание на затяжку болтов и их стопорение.

7.3.2. Место для разборки и повторной сборки должно содержаться в чистоте. Под демонтированными деталями проложить деревянные доски, резиновый коврик или полиэтиленовую пленку - особенно на место, где находится ротор; с двух сторон ротора вставьте деревянные блоки, чтобы предотвратить откатку ротора. Демонтированные статор и ротор, детали подшипника должны быть накрыты полиэтиленовой пленкой. Выступающие части вала и шейки вала должны быть покрыты антикоррозийным маслом, плотно обернуты промасленной бумагой и туго перевязаны шнуром из стекловолокна.

7.3.3. При сборке и разборке двигателя необходимо соблюдать осторожность, чтобы не повредить изоляцию обмотки статора и ротора, а также основные поверхности ротора и вала. Стальной трос должен иметь резиновую оплетку.

Не допускается касаться стопами и прикладывать усилия к шейкам вала, выступающим частям вала, контактными кольцам или выводному проводу ротора.

7.4 Чистка и проверка состояния двигателя

7.4.1. Вследствие длительной непрерывной работы двигателя во внутренней его части, особенно на обмотках статора и ротора, оседает пыль, масло, металлические частицы, угольный порошок и пр.. Эти частицы могут засорять вентиляционные проходы, что в результате приведет к перегреву двигателя. Токопроводящая пыль или влажная пыль могут сократить изоляционные промежутки изоляции и снизить сопротивление изоляции, что приведет к пробоям межфазной, межвитковой и заземляющей изоляции. Поэтому необходимо производить своевременную очистку двигателя от этих загрязнений. Для удаления пыли и непроводящих посторонних частиц из корпуса двигателя можно использовать сжатый воздух под давлением 0,2 МПа. Для удаления магнитных частиц и щеточного угольной пыли необходимо использовать пылесос. Наконечники для подачи воздуха не должны быть металлическими, чтобы исключить повреждение изоляции.

7.4.2. Выполнить проверку плотности заклиновки обмотки статора. Если клинья держатся неплотно, необходимо уплотнить заклиновку при помощи дополнительных подклиновых прокладок или эпоксидной смолы. Чтобы удалить загрязненное масло с обмотки статора, можно использовать ветошь, смоченную спиртом или бензином. Незначительные повреждения изоляции можно устранить путем нанесения на них специального электроизоляционного клея. Участки существенно поврежденной изоляции необходимо сначала обернуть изоляционным материалом, а затем покрыть электроизоляционным клеем. Если поверхность изоляции обугливается из-за утечки тока по ее поверхности, сначала следует очистить такие обугленные участки, а затем покрыть слоем специального изоляционного клея. Проверить, не ослаблена ли соединительная муфта выводного кабеля статора, и нет ли на нем следов подгаров.

7.4.3. Проверить крепления ротора на отсутствие люфтов, а также состояние соединения демпфирующей планки и демпфирующего кольца. Проверить степень прижатия токосъемных щеток к контактными кольцам. Выполнить контроль в соответствии с требованиями пункта 6.2.5. Если обнаружен плохой контакт демпфирующей планки и демпфирующего кольца, необходимо их снова запаять. Ослабленные гайки необходимо туго затянуть и зафиксировать стопорными шайбами.

7.4.4. В процессе работы двигателя из-за вибрации, износа вкладыша и разницы температур изменяется равномерность воздушного зазора. Поэтому его необходимо периодически проверять, чтобы избежать трения между ротором и статором (см. раздел 5.1.6.).

7.4.5. Проверить состояние соединения силового кабеля в клеммной коробке и с соединительными выводными проводами, убедиться в отсутствии перегрева соединений и подводящего провода. При выявлении каких-либо неисправностей их необходимо устранить путем ремонта или замены деталей.

7.4.6. Проверить состояние смазочного масла или консистентной смазки в подшипнике.

Оценить состояние смазки можно по ее внешнему виду, цвету, запаху, замутненности, а также по наличию пены или влаги. Интервал замены смазочного масла составляет 8000 часов. Данные по интервалу замены консистентной смазки приведены на габаритном чертеже двигателя (как правило 2000 часов).

7.4.7. Следует регулярно проверять сопротивление изоляции обмотки двигателя. Если сопротивление изоляции двигателя существенно изменяется, например - ненормально уменьшается, следует принять меры по выявлению и устранению причин.

7.4.8. Охладитель

7.4.8.1. Все охладители необходимо периодически очищать. Для удаления осадка из трубопроводов используется вода под давлением в 1,2 раза выше номинального, метод обратной промывки или сжатый воздух. Для очистки воздушного охладителя с прямыми трубопроводами выполнять механическую чистку, привязывая кусок ткани к железной проволоке. Очистку прилипшего материала выполнять, протягивая проволоку с тканью вперед-назад. При этом необходимо соблюдать осторожность, чтобы железная проволока не порвалась.

7.4.8.2. Отложения осадков во всех водо-воздушных охладителях должны быть своевременно удалены, чтобы гарантировать эффективное охлаждение.

7.4.9. Фильтра (при их наличии) необходимо регулярно очищать или заменять.

7.4.10. Проверять состояние всех крепежных элементов, особенно крепежных элементов кожуха вентилятора и ротора.

7.4.11. Проверять состояние изоляции обогревателя. При нарушении изоляции нагревателя корпус двигателя может попасть под напряжение, что может привести к поражению электрическим током.

7.4.12. После сборки двигателя и после выполнения ремонтов перед пуском необходимо выполнить все контрольные измерения, проверки и испытания, перечисленные в разделе 5.1.

7.2 План технического обслуживания

План технического обслуживания, приведенный в таблице 7.1, носит справочный характер, интервалы проведения технического обслуживания могут меняться в зависимости от расположения электродвигателя и условий его эксплуатации.

Таблица 7.1 План технического обслуживания электродвигателя

Деталь электродвигателя	Еженедельно	Ежемесячно	Раз в 3 месяца	Раз в полгода	Ежегодно	Раз в 3 года	
СТАТОР							
Визуальный осмотр статора					x		
Проверка на наличие загрязнений					x		
Проверка пазовых клиньев						x	
Проверка крепления клемм статора					x		
Измерение сопротивления изоляции обмоток					x		
РОТОР							
Визуальный осмотр					x		
Проверка на наличие загрязнений					x		
Проверка вала (износ, отложения)						x	
ПОДШИПНИКИ							
Проверка уровня шума, уровня вибрации, расхода масла, утечек и температуры	x						
Проверка качества смазки					x		
Проверка вкладыша подшипника и шейки вала (подшипник скольжения)						x	
Замена смазки							В соответствии с указанным в паспортной табличке интервалом
ВОЗДУШНО-ВОДЯНОЙ ТЕПЛООБМЕННИК							
Проверка радиаторов					x		
Проверка радиатора					x		
Проверка защитных анодов радиатора (при наличии)		x					Увеличить частоту проверок при чрезмерной коррозии
Замена прокладок головок радиатора					x		
ВОЗДУХО-ВОЗДУШНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК							
Очистка воздухопроводов					x		
Проверка вентиляторов					x		
ВОЗДУШНЫЕ ФИЛЬТРЫ							
Проверка, очистка и замена при необходимости			x				
ОБОРУДОВАНИЕ ЗАЩИТЫ И КОНТРОЛЯ							
Запись значений	x						
Рабочее испытание					x		
Разборка и рабочее испытание						x	
СЦЕПЛЕНИЕ							
Проверка соосности и выравнивания					x		Проверить после первой недели работы
Проверка крепления муфт					x		Проверить после первой недели работы
УКОМПЛЕКТОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ							
Проверка на шум и вибрацию	x						
Слив конденсата			x				
Повторное затягивание винтов					x		
Очистка клеммных коробок					x		
Повторное затягивание электрических и заземляющих соединений					x		

8. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

В результате длительной непрерывной эксплуатации, в двигателе могут происходить различные неисправности и поломки. Необходимо своевременно выявлять такие неисправности и устранять их. В противном случае они могут привести к аварии оборудования или к несчастному случаю на производстве. Перед началом выявления и устранения неисправностей необходимо отключить источник питания электродвигателя. Наиболее распространенными неисправностями являются следующие:

8.1 Подшипники чрезмерно нагреваются и издают повышенный шум

Причины перегрева подшипников, их повышенного шума при работе и методы устранения приведены в Таблице 8.1:

Таблица 8.1

Неисправности	Причины	Методы устранения
Перегрев подшипников и повышенный шум при работе	Недостаточное или слишком большое количество смазочного масла или консистентной смазки в подшипнике	Необходимо уменьшить или увеличить количество смазочного масла или консистентной смазки
	В смазочном масле или в консистентной смазке присутствуют посторонние частицы, или свойства смазочного материала ухудшились	Очистить подшипник, вкладыш подшипника и его опорные поверхности; заменить смазочное масло или консистентную смазку
	Подшипник или его вкладыш изношен или в них присутствуют следы подгорания	Заменить подшипник или вкладыш; типы подшипников описаны на прилагаемом чертеже
	Слишком большая нагрузка, деформация (изгиб) вала.	Проверьте соосность и геометрию вала. Убедитесь в отсутствии осевой нагрузки. Произведите работы по устранению изгиба вала, устранив чрезмерную нагрузку на вал.
	Старение или разрушение изоляционной прокладки подшипника, слишком высокая температура масла на входе в подшипник	Заменить изоляционную прокладку, снизить температуру подаваемого масла
	Ослабление внутренней или внешней обоймы или вкладыша подшипника	Затянуть болты, гайки или стопорные винты. Если имеются признаки износа вкладыша подшипника скольжения, торцевой крышки или обоймы подшипника качения, их следует отремонтировать или заменить

8.2 Утечка смазки из подшипника

Причины утечки смазки из подшипника и рекомендованные меры по ее устранению приведены в Таблице 8.2.

Таблица 8.2

Неисправности	Причины	Методы устранения
Утечка смазки из подшипника	Слишком большой зазор между уплотнительными кольцами и валом, или их износ и повреждение	Устраните зазор между уплотнительными кольцами и валом или замените их
	Избыточное количество смазочного материала	Удалите избыток смазки из подшипника
	Ухудшение свойств смазочного материала или его разжижение	Промойте подшипник и заполните его новым смазочным материалом
	Слишком высокое давление или расход подачи смазочного масла	Отрегулируйте давление или расход масла
	Перегрев подшипника	Устраните причины перегрева

8.3 Чрезмерная вибрация и нехарактерный шум при работе двигателя

Причины чрезмерной вибрации и нехарактерного шума при работе двигателя и методы их устранения приведены в Таблице 8.3.

Таблица 8.3

Неисправности	Причины	Методы устранения
Чрезмерная вибрация и нехарактерный шум при работе двигателя	Ротор не отбалансирован	Отсоединить нагрузку от двигателя, проверить динамическую балансировку ротора
	Недостаточно жесткая или неправильная установка двигателя на фундамент	Повторно затянуть болты, проверить состояние прокладок, увеличить жесткость крепления двигателя к фундаменту
	Изгиб вала, неравномерный воздушный зазор, нецилиндричная поверхность шейки вала	Выпрямить изогнутый вал, выставить равномерный воздушный зазор, проточить шейки вала
	Повреждение демпферных стержней или колец	Заменить поврежденные демпферные стержни, демпферные сегменты (восстановить паяные соединения) или ротор в сборе
	Неправильная установка или плохая балансировка соединительной муфты	Выполнить повторную балансировку соединительной муфты, устранить дефекты ее монтажа
Чрезмерная вибрация и не-	Нарушение соосности между двигателем и нагрузкой	Восстановить соосность
	Повреждение подшипника или его вкладыша	Замените поврежденный подшипник или его вкладыш

характер- ный шум при работе двигателя	Недостаточная жесткость опорной плиты	Принять меры для повышения жесткости опорной плиты
	Нарушение работы приводимого механизма	Выполнить ремонт приводимого механизма в соответствии с руководством по его эксплуатации
	Слишком большой осевой люфт установки	Отремонтировать или заменить изношенный или поврежденный вал и детали подшипникового узла

8.4 Излом вала

Причины излома вала и рекомендованные меры по его устранению приведены в Таблице 8.4.

Таблица 8.4

Неисправности	Причины	Методы устранения
Излом вала	Нарушение соосности между двигателем и нагрузкой	Заменить вал и прочие поврежденные детали; обеспечить соосность узлов установки
	Нагрузка превышает максимальный крутящий момент, указанный на габаритном чертеже	Заменить вал и прочие поврежденные детали, по возможности уменьшить максимальную нагрузку, а также принять меры для предотвращения превышения максимальной нагрузки
	Внезапное изменение направления вращения установки	Заменить вал и прочие поврежденные детали; принять меры для предотвращения внезапного изменения направления вращения установки
	Превышен срок службы (ресурс) двигателя, излом его вала был вызван усталостью металла	Заменить вал и прочие поврежденные детали или, при необходимости, заменить весь двигатель целиком

8.5 Отказ запуска двигателя

Причины отказов пуска двигателя и меры по их устранению приведены в таблице 8.5.

Таблица 8.5

Неисправности	Причины	Методы устранения
Двигатель не реагирует на команды запуска	Обрыв цепи не менее чем в двух линиях питания	Проверить предохранители, кабели питания и их выводы, восстановить целостность цепи
	Отсутствие напряжения в сети, неправильное подключение питания	Проверить правильность подвода питания

При запуске двигатель издает гудящий шум, однако не запускается.	Обрыв одной фазы в цепи статора	Проверить обмотки статора и соединительные провода статора на предмет возможного обрыва. Если соединительный провод статора разомкнут, подсоединить его обратно. Если разрыв цепи находится внутри обмотки статора, найти место разрыва и заменить поврежденный участок. Чтобы гарантировать надлежащее качество ремонта поврежденной катушки, рекомендуется отправить ее для ремонта производителю
Двигатель не запускается под нагрузкой, однако обычный шум работы присутствует	Слишком высокий нагрузочный момент или статический момент превышает пусковой момент двигателя	Проверить сторону нагрузки - не произошел ли там отказ или блокировка вала. В противном случае отключить нагрузку и запустить двигатель без нагрузки. Если после этого двигатель нормально запускается, это означает, что пусковой момент двигателя слишком мал. Требуется уменьшить значение падения напряжения в сети или заменить двигатель
Синхронная частота не достигается, или достигается с трудом	Слишком низкое напряжение сети или величина падения напряжения слишком велика	Увеличьте напряжение сети таким образом, чтобы его отклонение от номинального напряжения не превышало $\pm 5\%$
	Низкое напряжение при слишком высоком крутящем моменте нагрузки	Проверить, не слишком ли низкое напряжение в сети, и не слишком ли велика нагрузка на валу
	Слишком низкий крутящий момент, разомкнутая цепь ротора или слишком высокое сопротивление пусковых резисторов в системе возбуждения	Проверьте, не разомкнута ли обмотка ротора, уменьшите сопротивление пусковых резисторов
	Отсутствие тока возбуждения или несоответствующий момент подачи тока возбуждения	Проверить шкаф возбуждения на предмет наличия выходного тока, отрегулировать момент для подачи тока возбуждения

8.6 Двигатель перегревается

Причины перегрева двигателя и рекомендуемые меры по его устранению приведены в Таблице 8.6

Таблица 8.6

Неисправности	Причины	Методы устранения
Двигатель перегревается при работе на холостом ходу	Неправильное соединение обмотки статора (например, вместо соединения "звездой" выполнено соединение "треугольником")	Исправить неправильное соединение
	Слишком высокое напряжение в сети питания	Проверить величину напряжения питания и ток холостого хода; отрегулировать

		напряжение питания таким образом, чтобы его отклонение от номинального напряжения не превышало $\pm 5\%$
	Засорение вентиляционных каналов	Прочистить вентиляционные каналы
Перегрев двигателя при нагрузке	Перегрузка	Проверить номинальный ток; уменьшить нагрузку таким образом, чтобы номинальный ток не превышал указанного на паспортной табличке значения. Если фактическая нагрузка не может быть уменьшена (что означает неправильный подбор мощности двигателя), необходимо заменить этот двигатель на более мощный
	Слишком высокое или слишком низкое напряжение в сети питания	Измерить напряжение и убедиться, что отклонение основного напряжения питания от номинального напряжения не превышает $\pm 5\%$
	Установка охлаждения засорена или загрязнена	Произвести очистку установки охлаждения.
	Слишком высокая температура охлаждающей воды на входе в охладитель.	Снизить температуру охлаждающей воды на входе в охладитель до величины не выше 33°C .
	Температура охлаждающего воздуха или окружающей среды превышает значение, указанное на паспортной табличке двигателя	Принять меры по снижению температуры охлаждающего воздуха или температуры окружающей среды
Перегрев двигателя при нагрузке	Слишком низкое давление охлаждающей воды или недостаточный объем этой воды	Увеличить давление воды или расход воды, чтобы достичь указанных в габаритном чертеже значений
	Недостаточный объем охлаждающего воздуха или слишком низкое его давление	Очистить от посторонних частиц выпускные и впускные каналы охладителя или увеличить поток воздуха и давление воздуха в нагнетательном вентиляторе
Частичный перегрев статора, перегрев некоторых обмоток и гудение двигателя	Короткое замыкание между витками обмоток статора	Заменить сгоревшую катушку или весь статор целиком; для обеспечения надлежащего качества ремонта, рекомендуется отправить дефектные узлы производителю
Частичный перегрев ротора	Короткое замыкание между витками обмоток ротора, некачественная пайка в месте соединения или подключения полюсов, высокое контактное сопротивление	Тщательно проверить надежность и целостность паяных соединений, при необходимости произвести повторную их пайку. Заменить или отремонтировать обмотки с замкнутыми между собой витками

8.7 Ухудшение свойств изоляции

Как правило, причины ухудшения свойств изоляции следующие:

- Слишком высокая величина напряжения питания;
- В окружающем воздухе присутствуют агрессивные газы или солевой туман;
- Загрязнение поверхности изоляционного слоя пылью и маслами;
- Перегрузка двигателя приводит к перегреву обмотки, превышающему указанное в таблице 2 допустимое повышение температуры;
- Ухудшение свойств изоляции в результате вибрации из-за ослабления крепления обмоток;
- Влажность окружающей среды превышает значение, указанное в пункте 1.4;
- Механическое повреждение
- Проникновение влаги в слой изоляции вследствие утечки воды из системы охлаждения;
- Температура хранения двигателя ниже 5 оС.

Методы устранения повреждения изоляции:

- Если поврежден изоляционный слой соединительного провода, снять этот испорченный изоляционный слой, затем обернуть этот участок новым изоляционным материалом, нанести изоляционный эпоксидный клей и высушить;
- Если повреждена изоляция обмотки, необходимо заменить обмотку. Если повреждение изоляции находится на месте стыка катушек, необходимо обернуть это место новой изоляцией, нанести изоляционный эпоксидный клей и высушить без замены обмотки;

Во время ремонта необходимо также устранить причины повреждения или разрушения изоляции.

Основные причины низкого сопротивления изоляции и меры по их устранению приведены в Таблице 8.7.

Таблица 8.7

Неисправности	Причины	Методы устранения
Низкое сопротивление изоляции	Слишком высокое значение относительной влажности окружающей среды	Улучшить вентиляцию, уменьшить относительную влажность подаваемого охлаждающего воздуха
	Загрязненная поверхность изоляции	Удалить грязь, масло и прочие загрязнения с поверхности изоляционного слоя
	Температура окружающей среды внезапно изменилась, в результате чего на поверхности изоляции произошло образование конденсата	Сушка изоляции: температура сушки не должна превышать допустимую температуру, указанную в таблице 13 раздела 9
	Слой изоляции поврежден или ее свойства ухудшились	Заменить поврежденный элемент
	Утечка охладителя приводит к проникновению влаги в слой изоляции	Отремонтировать систему водяного охлаждения в соответствии с требованиями раздела 8.8, чтобы устранить причину утечки

	После останова двигателя не было предпринято никаких мер по защите его от влаги	После того как двигатель остановлен, необходимо принять меры по его защите от влаги, например - включить входящий в комплект двигателя электрический воздушонагреватель
	Неисправность электрического воздушонагревателя двигателя	Отремонтировать или заменить воздушонагреватель

8.8 Утечка воды из системы водяного охлаждения

Причины утечки воды из системы водяного охлаждения и методы их устранения приведены в Таблице 8.8.

Таблица 8.8

Неисправности	Причины	Методы устранения
Утечка воды из системы водяного охлаждения	Качество охлаждающей воды не соответствует требуемому, в результате чего произошла коррозия трубопроводов системы охлаждения	Выполнять очистку и подготовку охлаждающей воды в соответствии с требованиями стандарта для промышленной технической воды и заменить проржавевшие трубопроводы системы охлаждения
	Слишком большое давление воды на входе	Следить, чтобы давление воды на входе было в диапазоне 100 ~ 200 кПа
	Повреждена уплотнительная прокладка внутри охладителя	Заменить уплотнительную прокладку
	Нарушение герметичности, вызванное ослаблением крепежных элементов	Туго затянуть крепежные элементы, чтобы обеспечить плотное сжатие уплотнительной прокладки
	Повреждение охлаждающей трубки	Заменить поврежденную охлаждающую трубку или весь охладитель в сборе
	Ослабла вальцовка охлаждающей трубки	Развальцевать конец охлаждающей трубки, чтобы она плотно прилегала к торцевому щиту

После ремонта провести гидравлическое испытание путем подачи давления воды 250 кПа, при этом не должно быть утечек воды.

8.9 Искрение щеток

Искрение щеток может привести к подгоранию поверхности щетки и контактного кольца. При выявлении искрения щеток его необходимо сразу же устранить. Причины возникновения искрения щеток и рекомендуемые методы его устранения изложены в Таблице 8.9.

Таблица 8.9

Неисправности	Причины	Методы устранения
Искрение щеток	Слишком маленькая площадь контакта между щеткой и контактным кольцом	Отшлифовать щетку в соответствии со способом, описанным в пункте 6.2.3, чтобы обеспечить площадь контакта между щеткой и токосъемным кольцом не менее 80%
	Застывание щетки в щеткодержателе	Отрегулировать положение и давление щетки в корпусе таким образом, чтобы щетка могла свободно перемещаться внутри корпуса в направлении вверх и вниз
	Наличие загрязнений на поверхности токосъемного кольца и щетки	Удалить загрязнения с поверхностей, чтобы обеспечить плотный контакт контактного кольца и щетки
	Чрезмерное биение контактного кольца	Проточить контактные кольца соосно с шейками вала. Убедиться, что биение контактных колец не превышает 0,1 мм
	Недостаточное давление щетки	Отрегулировать давление щетки: ее нормальное давление составляет 0,015 - 0,03 МПа
	Неподходящая марка щетки	Заменить щетку
	Плохой контакт соединительных проводов с щеткой	Затянуть крепежные детали, чтобы обеспечить надежный контакт соединительного провода щетки
	Недостаточное количество щеток или слишком малая площадь сечения щеток	Добавить требуемое количество щеток
	Неровная поверхность контактного кольца	Аккуратно очистить поверхность колец от масляных загрязнений, используя мелкозернистую наждачную бумагу № 00 с маслом; если загрязнения обширные, необходимо поворачивать токосъемное кольцо по мере очистки
	Слишком большая вибрация	Принять меры по её устранению в соответствии с пунктом 8.3

8.10 Замыкание контактных колец

Причины замыканий контактных колец и методы их устранения приведены в таблице 8.10.

Таблица 8.10

Неисправности	Причины	Методы устранения
Замыкание контактных колец	Угольная пыль налипла на контактные кольца и на щеткодержатель	Очистите угольную пыль со щеткодержателя
	Слишком высокая влажность окружающего воздуха	Принять меры по улучшению вентиляции, чтобы влажность окружающего воздуха соответствовала требованиям пункта 1.4
	Окружающий воздух содержит кислотные или щелочные агрессивные газы и солевой туман	Принять меры для удаления едких газов или солевых туманов из окружающего воздуха

	Повреждение изоляции контактных колец	Заменить изоляцию между контактными кольцами
--	---------------------------------------	--

8.11 Нарушение паяных соединений обмоток ротора и демпфирующих колец

Для обеспечения достаточной площади и качества пайки применяется пайка медно-серебряным припоем. Применение пайки оловянным припоем не допускается, так как в процессе эксплуатации будет происходить распайка этих соединений, что приведет к потере поля ротора и к повреждению двигателя.

8.12 Искрение на межполюсных соединениях демпфирующих колец

Соединительные межполюсные планки демпфирующих колец закрепляются болтами. Ослабление затяжки этих болтов вызывает ухудшение контакта. При запуске под действием электродинамической силы и центробежной силы соединительные планки вибрируют, вследствие чего может появиться искрение. Метод устранения: отшлифовать место соединения демпфирующего кольца и соединительной планки, чтобы удалить оксидный слой или изоляционный слой для обеспечения хорошего контакта. Затем нанести расплавленное олово, затянуть соединительные болты и зафиксировать стопорную шайбу, чтобы предотвратить ее ослабление.

8.13 Чрезмерные колебания коэффициента мощности

В процессе работы двигателя из-за колебаний напряжения, нагрузки и тока возбуждения будет происходить изменение коэффициента мощности. Если коэффициент мощности имеет чрезмерные колебания, но при этом напряжение и нагрузка в норме, то необходимо проверить ток возбуждения чтобы определить, есть ли у него колебания, и убедиться, что его уровень в норме. Необходимо отрегулировать ток возбуждения, если он выходит за пределы допустимых параметров и принять меры, чтобы избежать чрезмерных колебаний коэффициента мощности, которые могут привести к перегреву двигателя.

9. МЕТОДЫ СУШКИ ДВИГАТЕЛЯ

Влага влияет на сопротивление изоляции обмоток двигателей, и перед вводом двигателя в эксплуатацию от нее необходимо избавиться. Если двигатель подвергался действию посторонней влаги, может потребоваться его сушка. Отсутствие опасного увлажнения изоляции обмотки статора и допустимость испытания высоким напряжением определяется по величине измеренного сопротивления изоляции обмотки.

Допустимое сопротивление изоляции обмотки статора и обмотки ротора в холодном состоянии (при температуре окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 30 °С) указано в разделе 5.1.7.

Для двигателей напряжением выше 3 кВ или мощностью более 1 МВт также для определения необходимости сушки изоляции обмотки статора вычисляется коэффициент абсорбции R_{60}/R_{15} , который должен быть не ниже 1,3 при температуре от плюс 10 до плюс 30 °С.

Если двигатель не оснащен обогревателем, его можно высушить на месте установки методами, описанными в разделах ниже.

9.1 Метод нагрева потерями в сердечнике

Метод нагрева с потерями в сердечнике изображен на рисунке 5. Этот метод используется для двигателя в разобранном состоянии (при вынутом роторе). Данный метод допускается использовать, если сопротивление изоляции превышает 0,3 МОм.

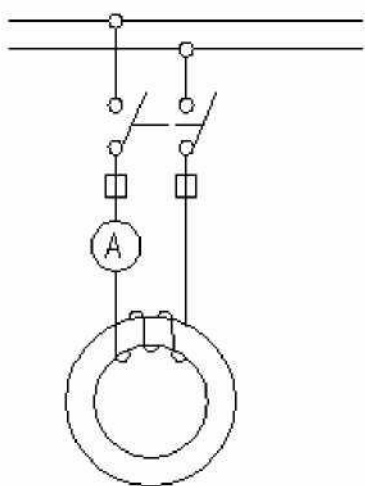


Рисунок 5. Схема сушки методом нагрева потерями в сердечнике (двигатель с вынутым ротором)

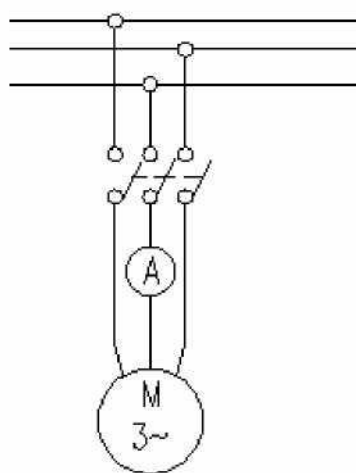


Рисунок 6. Принципиальная схема подключения для сушки методом нагрева с потерей в меди с подачей питания на статор

На рисунке 5 показан статор с намотанными на него несколькими витками изолированных токопроводящих проводов, на которые подается однофазный переменный ток промышленной частоты.

Необходимо убедиться, чтобы в расточке статора не было каких-либо металлических предметов, которые могли бы вызвать замыкание стали сердечника статора и его

повреждение. По этим же причинам не допускается применение освинцованного или бронированного провода. Нагрузку на провод следует брать от 60 до 70 % предельно допустимой для данного сечения провода.

Для быстрого повышения температуры в начале сушки (но не более, чем 5 °С в час) величину индукции в спинке статора рекомендуется принимать равной от 0,8 до 1,0 Тл. После повышения температуры активной стали до значения плюс 70 °С индукцию следует снижать до такой величины, чтобы потери в активной стали покрывали отвод тепла при установившемся тепловом режиме. При этом может потребоваться снижение индукции до величины от 0,4 до 0,6 Тл.

Значение индукции B можно регулировать путем изменения напряжения, подводимого к намагничивающей обмотке.

При частоте 50 Гц:

$$B = \frac{4,5 \cdot U}{1,05 \cdot Q \cdot W} \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

где B – индукция в спинке активной стали статора, Тл;

U – напряжение на намагничивающей обмотке, В;

Q – поперечное сечение спинки активного железа статора, м²;

W – число витков намагничивающей обмотки.

Примечание

- 1) В зависимости от напряжения трансформатора намотать на статор намагничивающую

обмотку с числом витков $W = \frac{U}{E}$, где U – напряжение трансформатора; E – напряжение на виток при $B = 0,4$ Тл.

- 2) Для сушки при больших значениях индукции следует сделать отпайки от обмотки с таким расчетом, чтобы число работающих витков было обратно пропорционально данному значению индукции.

9.2 Метод нагрева с потерей в меди

Принципиальная схема подключения для метода нагрева с потерей в меди показана на рисунке 6 и рисунке 7. Данный метод допускается использовать, если сопротивление изоляции превышает 0,5 МОм.

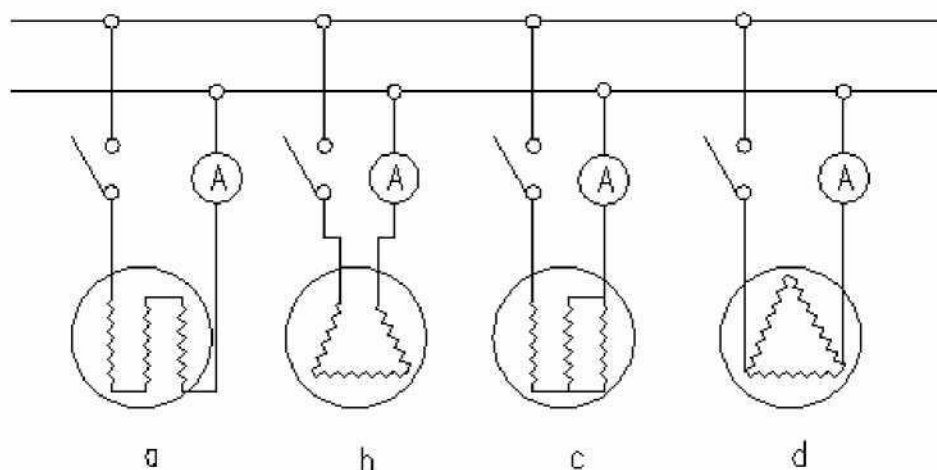


Рисунок 7 – Схема подключения для сушки с однофазным источником питания переменного тока

9.2.1. На рисунке 6 показан двигатель, подключенный по рабочей схеме и с заблокированным ротором. Для выполнения сушки на обмотки статора необходимо подать трехфазное переменное напряжение промышленной частоты величиной 10% ~ 15% от номинального значения, чтобы ток статора достигал 50% ~ 70% от его номинального значения. Таким образом двигатель будет нагреваться из-за потери в меди и в результате будет происходить его сушка.

9.2.2. Если для нагрева с потерей в меди используется однофазный источник питания переменного тока, можно выбрать любое соединение обмоток, показанное из рисунка 7. Ток в обмотках статора должен составлять 50% ~ 70% от номинального значения. Если выбрано соединение с или d (см. рисунок 7), концы соединительных проводов необходимо периодически менять друг с другом для обеспечения равномерного нагрева обмоток.

Перечисленные в разделе 9.2 методы нагрева с потерей в меди выполняются на собранном двигателе. Если при сушке ротор находится вне статора, подаваемое напряжение должно быть уменьшено.

9.3 Метод трехфазного тока короткого замыкания

Метод трехфазного тока короткого замыкания можно использовать для нагрева и сушки, если сопротивление изоляции статора двигателя ниже 0,2 МОм, но при этом сопротивление изоляции обмотки ротора выше 0,2 МОм. Необходимо использовать внешнее приводное устройство для приведения двигателя во вращение в режиме генератора.

Скорость вращения ротора доводится до номинальной или ниже номинальной. Затем в ротор подается определенный ток возбуждения, чтобы трехфазный ток короткого замыкания был равен 50% от номинального тока. В таком режиме двигатель должен поработать в течение 4–5 часов, затем можно увеличивать ток до 70%. В течение сушки температура катушек двигателя не должна превышать плюс 85 °С (метод заложенного термопреобразователя) или плюс 70 °С (метод термометра).

9.4 Сушка методом нагревания от постороннего источника с применением воздуходувок

Если сопротивление изоляции статора или ротора двигателя равно нулю или очень низкое из-за влажности, для сушки допускается использовать только посторонние источники нагретого воздуха.

При сушке с применением воздуходувок нагретый воздух не должен содержать пыли и влаги.

Во время сушки необходимо следить за равномерностью распределения температур, не допуская перегрева выше допустимого предела, равного 85 °С для частей обмоток, расположенных со стороны подачи горячего воздуха.

В собранном двигателе вход горячего воздуха желательно осуществить с торцов двигателя со снятыми щитами, а выход – через открытые люки. Для увеличения интенсивности нагрева допускается накрыть двигатель снаружи брезентовым тентом

Недостатками этого метода являются неравномерность нагревания обмоток и громоздкость вспомогательных устройств.

9.5 Общие замечания

Каждый из описанных методов сушки имеет свои преимущества и недостатки. Выбор определенного метода зависит от степени увлажнения изоляции и от условий на площадке. Независимо от того, какой метод используется, во время сушки двигателя следует учитывать следующие факторы:

— Нагрев во время сушки следует проводить медленно, последовательно и поэтапно, чтобы избежать быстрого испарения влаги внутри обмоток и повреждения изоляции. Если используется метод сушки подачей напряжения, двигатель должен быть заземлен для обеспечения безопасности.

— Если обмотка слишком влажная, а сопротивление изоляции очень низкое, то использовать нагрев с прямой подачей напряжения нецелесообразно. Сначала следует использовать косвенный нагрев с использованием воздуходувок, чтобы сопротивление изоляции превысило 0,3 МОм, после чего можно использовать метод нагрева подачей напряжения.

— Во время сушки необходимо с определенной периодичностью контролировать температуру различных частей двигателя с помощью пирометра или установленных термометров, чтобы предотвратить частичный перегрев и нарушение изоляции.

— В процессе сушки необходимо вести журнал с регистрацией сопротивления изоляции, температуры обмотки и температуры окружающей среды. Если для сушки используется метод потерями в сердечнике или метод с потерей в меди, то помимо вышеуказанных параметров, также следует регистрировать напряжение, ток и т.д. и выстраивать кривые восстановления сопротивления изоляции, как показано на рисунке 8. В начале сушки интервал между измерениями должен составлять полчаса. После того, как нагрев изоляции достигнет установившегося значения, сопротивление изоляции допускается измерять с интервалом в один час.

— Во время сушки температура каждой части двигателя не должна превышать значений, указанных в Таблице 13.

— В процессе сушки сопротивление изоляции может вначале уменьшаться, затем оно будет постепенно увеличиваться и в конце будет оставаться на определенном значении без изменений в течение 3–5 часов. На этот момент уже можно считать, что двигатель в целом уже высушен. Продолжительность сушки, длительная или короткая, зависит от степени увлажнения обмотки, от способа сушки и температуры нагрева, и может составлять не менее десяти часов, но не более нескольких дней.

— Критерий сухости изоляции в горячем состоянии определяется формулой в разделе 6.2.7.

— Критерий сухости изоляции в холодном состоянии указан в разделе 5.1.7.



Рисунок 8 – Типичные кривые зависимости сопротивления изоляции и температуры обмотки от продолжительности сушки

T – Температура обмотки, t – Продолжительность сушки, R – Сопротивление изоляции

Таблица 9 – Максимально допустимая температура различных частей двигателя во время сушки

Детали для измерения	Метод измерения	Максимальная температура, °C
Обмотка и сердечник	Метод термометра	70
Обмотка и сердечник	Метод сопротивления	90
Обмотка и сердечник	Метод заложенного термопреобразователя	85

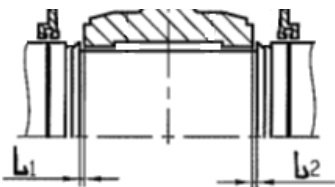
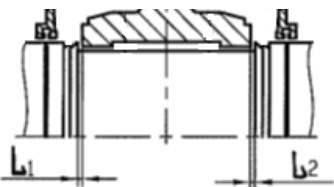
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Формуляр измерения виброскорости

Формуляр измерения виброскорости

Точка измерения	Значение СКЗ виброскорости, мм/с	Основные частоты вибрации	Состояние
DE, верт.		10-1000 Гц	
DE, гориз.		10-1000 Гц	
DE, осев.		10-1000 Гц	
DE, лапы (верт.)		10-1000 Гц	
DE, лапы (гориз.)		10-1000 Гц	
DE, лапы (осев.)		10-1000 Гц	
NDE, верт.		10-1000 Гц	
NDE, гориз.		10-1000 Гц	
NDE, осев.		10-1000 Гц	
NDE, лапы (верт.)		10-1000 Гц	
NDE, лапы (гориз.)		10-1000 Гц	
NDE, лапы (осев.)		10-1000 Гц	
Статор, верт.		10-1000 Гц	
Статор, гор.		10-1000 Гц	
Статор, лапы		10-1000 Гц	

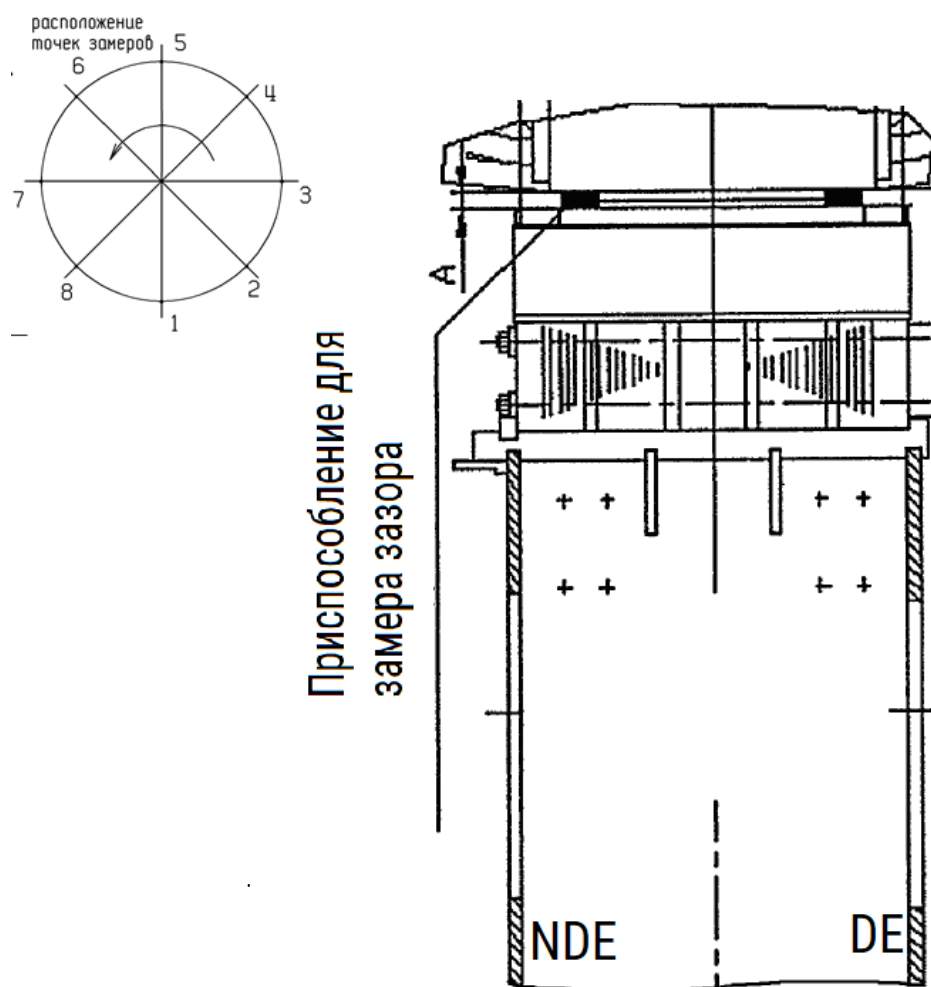
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Формуляр для замеров зазоров по галтелям

Формуляр для замеров зазоров по галтелям

Вазоры по галтелям подшипника со стороны NDE, мм		Вазоры по галтелям подшипника со стороны DE, мм	
			
L1	L2	L1	L2

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Формуляр для замера воздушного зазора

Формуляр для замера воздушного зазора



Номер точки замера	Значение, мм
	A
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

Организация	Должность	Ф.И.О.	Подпись	Дата