**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ

Глава 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

1.1. Основные типы и классификация электрических машин

Глава 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИНХРОННОГО

 ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЯ И ЕГО НАЗНАЧЕНИЕ

Глава 3. ОСОБЕННОСТИ ИСПЫТАНИЙ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

3.2. Ремонт синхронных двигателей

Глава 4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

4.1. Объем работ по техническому обслуживанию и ремонту

4.2. Техника безопасности при ремонте электрических машин

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

**ВВЕДЕНИЕ**

Прогресс в развитии электромашиностроения зависит от успехов в об­ласти теории электрических машин. Глубокое понимание процессов электро­механического преобразования энергии необходимо не только инженерам-электромеханикам, создающим и эксплуатирующим электрические машины, но и многим специалистам, деятельность которых связана с электромеханикой.

Электрические машины применяются во всех отраслях промышленности, на транс­порте, в сельском хозяйстве и быту. Почти вся электрическая энергия вырабатывается электрическими генераторами, а две трети ее преобразуется электрическими двигателями в механическую энергию. От правильного выбора и использования электрических ма­шин во многом зависит технический уровень изделий многих отраслей промышленности.

Электротехническая про­мышленность выпускает в год миллионы электрических машин для всех отраслей народного хо­зяйства. И конечно же от специалистов в области электромеханики требуются глубокие знания обслуживания и ремонта электрических машин, а также их правильной эксплуатации. Без электрических ма­шин не может развиваться ни одна комплексная научная про­грамма. Электрические машины работают в космосе и глубоко под землей, в океане и активной зоне атомных реакторов, в жи­вотноводческих помещениях и медицинских кабинетах. Без преувеличения можно сказать, что электромеханика определяет технический прогресс в большинстве основных отраслей промышленности.

Особая роль отводится электрическим машинам в космической, авиационной и морской технике. Электрические машины, работающие на передвижных установках, выпускаются в больших количествах. Эти ма­шины должны иметь минимальные габариты при высоких энергетических показателях и высокую надежность. Отдельную область электромеханики составляют электрические машины систем автоматического управления, где электрические машины используются в качестве датчиков скорости, положения, угла и являются основными элементами сложнейших навига­ционных систем.

Невозможно для каждого заказчика выпускать отдельную машину, поэтому электрические машины выпускаются сериями. В нашей стране самой массовой серией электрических машин является общепромышлен­ная серия асинхронных машин 4А. Серия включает машины мощностью от 0,06 до 400 кВт и выполнена на 17 стандартных высотах оси вращения. На каждую из высот вращения выпускаются двигатели двух мощностей, отличающиеся по длине. На базе единой серии выпускаются различные модификации двигателей, которые обеспечивают технические требования большинства потребителей. Большими сериями выпускаются синхронные машины, машины постоянного тока, микромашины и трансформаторы. Серийное изготовление машин позволяет модифицировать отдельные узлы и детали, применять поточные автоматические линии и обеспечивать необходимый выпуск электрических машин при минимальных затратах.

В настоящее время перед электромеханиками стоят трудные и инте­ресные проблемы, которые требуют глубокого знания теории, проектиро­вания и технологии изготовления электрических машин.

Электромонтер, осуществляющий деятельность в сфере электромеханике должен знать назначение и технические характеристики основных элементов и устройств систем электрических машин, а также электрооборудования, кабельные и электроизоляционные изделия, электрические аппараты, трансформаторы, полупроводниковые приборы, преобразователи и т.д., чтобы в свою очередь выполнять правильную эксплуатацию, обслуживание и своевременный ремонт, а также соблюдать электробезопасность.

В дипломной работе приведены технические данные по электрическим машинам как общего, так и специального назначения, широко применяемым в современном электроприводе. Рассмотрены вопросы технического обслуживания и техники безопасности при эксплуатации электрических машин.

В дипломной работе рассматривается теория одного из вида электрических машин – синхронный двигатель, его характеристики, устройство, переходные и установивши­еся режимы работы. Теория электрических машин излагается на базе дифференциальных уравнений. Максимально используются современные достижения общей теории электрических машин; развивается классическая теория комплексных уравнений, векторных диаграмм и схем замещения.

**Целью курсовой** работы является изучение основных организационных и технических положений по обслуживанию и ремонту электрических двигателей.

В процессе изучения ставятся следующие **задачи:**

1. Дать общее представление об электрических машинах, их классификации;

2. Рассмотреть синхронный двигатель и его назначение;

3. Рассмотреть особенности испытаний синхронных машин;

4. Изучить технические условия ремонта и обслуживания электрических машин (синхронного двигателя);

5. Определить меры по технике безопасности при ремонте электрических машин.

При подготовке дипломной работы использовалась литература следующих авторов Копылов И.П. «Электрические машины», Клокова Б. К. «Справочник по электрическим машинам», Москаленко В.В. «Справочник электромонтера» и т.д.

**Глава 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

**1.1. Основные типы и классификация электрических машин**

**Электрические машины** — это электроме­ханические преобразователи, в которых осу­ществляется преобразование электрической энергии в механическую или механической в электрическую. Основное отличие электри­ческих машин от других преобразователей в том, что они обратимы, т. е. одна и та же машина может работать в режиме двигате­ля, преобразуя электрическую энергию в ме­ханическую, и в режиме генератора, преобра­зуя механическую энергию в электрическую.

По виду создаваемого в машинах поля, в котором происходит преобразование энер­гии, электрические машины подразделяются на ***индуктивные, емкостные и индуктивно-емкостные***. Современные широко применяемые в промышленности и других отраслях народного хозяйства элек­трические машины — индуктивные. Преобра­зование энергии в них осуществляется в маг­нитном поле. Емкостные электрические ма­шины, хотя и были изобретены задолго до индуктивных, до сих пор не нашли практиче­ского применения из-за сложности создания достаточно мощного электрического поля, в котором происходит преобразование энер­гии. Индуктивно-емкостные машины появи­лись лишь в последние годы. Преобразова­ние энергии в них происходит в электромаг­нитном поле, и они объединяют свойства индуктивных и емкостных электрических ма­шин. В практике эти машины еще не при­меняются, поэтому в данной работе рассматриваются только индуктивные элек­трические машины, которые в дальнейшем будут называться просто электрическими машинами. [7, с. 6]

Для того чтобы электрическая машина работала, в ней должно быть создано вра­щающееся магнитное поле. Принцип образо­вания вращающегося поля у всех машин один и тот же.

Простейшей электрической машиной является идеальная обобщенная электрическая машина (рис. 1), т. е. машина сим­метричная, ненасыщенная, имеющая гладкий воздушный зазор. На статоре и роторе такой машины расположены по две обмотки: wsα и wsβ на статоре, wrα и wrβ на роторе, сдвинутые в пространстве относительно друг друга на электрический угол, равный 90°. Если к об­моткам статора или ротора такой машины подвести токи, сдвинутые во времени на электрический угол 90°, то в воздушном за­зоре машины будет вращающееся круговое поле. При симметричном синусоидальном напряжении поле будет синусоидальное, так как идеальная машина не вносит в зазор пространственных гармоник. Все реальные электрические машины в той или иной сте­пени отличаются от идеальной машины, так как в воздушном зазоре реальной машины нельзя получить синусоидальное поле.

Рис. 1. Обобщенная электрическая машина

Для того чтобы МДС, необходимая для создания магнитного поля, не была чрез­мерно велика, статор и ротор электрической машины выполняют из ферромагнитного материала, магнитная проводимость которо­го во много раз больше, чем проводимость неферромагнитной среды (µст>>µ0). При этом магнитные силовые линии поля замы­каются по магнитопроводу машины и прак­тически не выходят за пределы ее активных частей. Участки магнитопровода, в которых поток переменный, для уменьшения потерь на вихревые токи и гистерезис выполняют шихтованными из тонких листов электротех­нической стали. Участки магнитопровода машин, в которых поток постоянный (напри­мер, полюсы и станины машин постоянного тока), могут быть выполнены массивными из конструкционной стали. [7, с. 6]

Непременным условием преобразования энергии является изменение потокосцепления обмоток в зависимости от взаимного поло­жения ее частей — *статора и ротора.* Это условие может быть выполнено при раз­личных вариантах конструктивных форм магнитопровода и при различных конструк­циях и расположении обмоток (рис. 2, а - г). Тот или иной вариант выбирается в зависи­мости от рода питающего (или генерируе­мого) тока, наиболее удобного способа соз­дания поля и типа машины. Для преобразо­вания энергии в подавляющем большинстве электрических машин используется враща­тельное движение.

Электрические машины обычно выпол­няются с одной вращающейся частью — ци­линдрическим ротором и неподвижной частью — статором. Такие машины назы­ваются *одномерными.* Они имеют одну степень свободы. Почти все выпускаемые промышленностью машины — одномерные с цилиндрическим вращающимся ротором и внешним неподвижным статором. [7, с. 7]

Электромагнитный момент в электриче­ских машинах приложен и к ротору, и к ста­тору. Если дать возможность вращаться обеим частям машины, они будут переме­щаться в противоположные стороны. У ма­шин, в которых вращаются и ротор, и статор, две степени свободы. Это *двух­мерные* машины. В навигационных прибо­рах ротором может быть шар, который вращается относительно двух статоров, расположенных под углом 90°. Такие машины имеют три степени свободы. В космической электромеханике встречаются шестимерные электромеханические системы, в которых и ротор, и статор имеют по три степени свободы.

Рис. 2. Основные конструктивные исполнения электрических машин:

а — асинхронная; б — синхронная; в — коллекторная; г — индукторная

Находят применение также электриче­ские машины, в которых ротор (или и ротор, и статор) имеет форму диска. Такие машины называют *торцевыми.*

Электрические машины помимо враща­тельного могут иметь и возвратно-поступа­тельное движение (линейные машины). В та­ких машинах статор и ротор разомкнуты и магнитное поле отражается от краев, что приводит к искажению поля в воздушном за­зоре. Краевой эффект в линейных электриче­ских машинах ухудшает их энергетические показатели. Низкие энергетические пока­затели ограничивают применение электри­ческих машин с возвратно-поступательным движением. Из обычной машины с цилинд­рическим статором и ротором получаются машины с сегментным статором и линейные (рис. 3). Если увеличить диаметр ротора сегментной машины до бесконечности, полу­чим *линейный* двигатель (рис. 3, б). Ли­нейные двигатели постоянного и переменно­го тока находят применение в промышлен­ности для получения линейных перемещений. В генераторном режиме линейные машины практически не применяются.

Рис. 3. Модификация конструктивного ис­полнения электрических машин:

а – машина с сегментным статором; б – линейный двигатель; 1 – статор; 2 – ротор

В большинстве типов электрических ма­шин магнитное поле создается переменными токами обмоток статора и ротора. Однако существует класс машин, в которых поле создается постоянными токами обмоток, расположенных только на статоре. Преобра­зование энергии в них происходит за счет изменения магнитного потока в воздушном зазоре из-за изменения его проводимости при вращении ротора. Ротор в таких ма­шинах имеет ярко выраженные зубцы, перемещение которых относительно статора вызывает изменение магнитного сопротивле­ния на участках зазора и потокосцепления обмотки статора. Такие машины называют **параметрическими или индуктор­ными**. Конструктивные исполнения индук­торных машин весьма разнообразны. Наи­большее распространение получила кон­струкция индукторной машины с двумя роторами 1 и статорами 2 (рис. 4). Если роторы сдвинуты относительно друг друга на электрический угол 90°, общее магнитное сопротивление машины во время вращения роторов не изменяется и в обмотке возбуж­дения 3, питающейся постоянным током, не наводится переменная составляющая напря­жения. Обмотки на роторах отсутствуют. При работе машины с обмоток переменного тока 4, расположенных в пазах каждого ста­тора, снимается напряжение. Поток возбуж­дения замыкается по корпусу статора и втулке ротора 5, насаженной на вал.

В зависимости от рода потребляемого или отдаваемого в сеть тока электрические машины подразделяются на машины **пе­ременного и постоянного тока.** Машины переменного тока делятся на син­хронные, асинхронные и коллекторные.

Рис. 4. Индукторная машина с двумя роторами

В **синхронных** машинах поле воз­буждения создается обмоткой, расположенной на роторе, которая питается постоянным током. Обмотка статора соединена с сетью переменного тока. В обычном исполнении машин вращающийся ротор с обмоткой воз­буждения располагается внутри статора, а статор неподвижен. Обращенная конструк­ция, при которой ротор с обмоткой возбуж­дения неподвижен, а вращается статор, в синхронных машинах встречается редко из-за сложности подвода тока к вращаю­щейся обмотке переменного тока.

Ротор синхронной машины может быть явнополюсным, т. е. с явно выраженными полюсами, имеющими ферромагнитные сер­дечники с насаженными на них многовит-ковыми катушками возбуждения. Роторы синхронных машин, рассчитанных на частоту вращения 1500 и 3000 об/мин и выше, обыч­но выполняются неявнополюсными. При этом обмотка возбуждения укладывается в профрезерованные в роторе пазы. Обмотка переменного тока синхронных машин, как правило, распределенная, т. е. расположена равномерно по окружности внутреннего диа­метра статора в пазах его магнитопровода. [7, с. 7]

В **асинхронных** машинах специаль­ная обмотка возбуждения отсутствует, рабо­чий поток создается реактивной составляю­щей тока обмотки статора. Этим объясняет­ся простота конструкции и обслуживания асинхронных двигателей, так как отсут­ствуют скользящие контакты для подвода тока к вращающейся обмотке возбуждения и отпадает необходимость в дополнитель­ном источнике постоянного тока для воз­буждения машины. Обмотки статоров и ро­торов асинхронных машин распределенные и размещены в пазах их магнитопроводов.

На роторах асинхронных машин распо­лагается либо фазная, т. е. имеющая обычно столько же фаз, сколько и обмотка статора, изолированная от корпуса обмотка, либо короткозамкнутая. Короткозамкнутая обмотка ротора состоит из расположенных в пазах ротора замкнутых между собой по обоим торцам ротора неизолированных стержней из проводникового материала. Она может быть также выполнена заливкой пазов алю­минием. В зависимости от типа обмотки ротора различают асинхронные двигатели с фазными роторами или асинхронные дви­гатели с короткозамкнутыми роторами. [7, с. 8]

Нормальное исполнение асинхронных машин — с ротором, расположенным внутри статора. Однако для некоторых приводов, например привода транспортера, оказывает­ся выгоднее расположить вращающийся ро­тор снаружи статора. Такие машины назы­вают обращенными или машинами с внеш­ним ротором. Они выполняются обычно с короткозамкнутыми роторами.

Среди **коллекторных** машин пе­ременного тока получили распространение в основном однофазные двигатели малой мощности. Они находят применение в при­водах, к которым подвод трехфазного или постоянного тока затруднен или нецелесо­образен (в электрифицированном инстру­менте, бытовой технике и т. п.). В машинах средней и тем более большой мощности кол­лекторные машины переменного тока в настоящее время в СССР не применяются. Исключение составляют отдельные спе­циальные машины, например машины типа двигателя Шраге – Рихтера.

Большинство машин *постоянного тока* — это коллекторные машины. Они вы­пускаются мощностью от долей ватта до нескольких тысяч киловатт. Обмотки воз­буждения машин постоянного тока распола­гаются на главных полюсах, закрепленных на станине. Выводы секций обмотки ротора (якоря) впаяны в пластины коллектора. Кол­лектор, вращающийся на одном валу с яко­рем, и неподвижный щеточный аппарат слу­жат для преобразования постоянного тока сети в переменный ток якоря (в двигателях) или переменного многофазного тока якоря в постоянный ток сети (в генераторах по­стоянного тока).

Конструкция машин постоянного тока более сложная, стоимость выше и эксплуа­тация более дорогая, чем асинхронных, по­этому двигатели постоянного тока приме­няются в приводах, требующих широкого и плавного регулирования частоты враще­ния, или в автономных установках при пита­нии двигателей от аккумуляторных батарей. [7, с. 8]

Подавляющее число машин постоянного тока выполняется с коллектором — механи­ческим преобразователем частоты. Но суще­ствует несколько типов и бесколлекторных машин, например униполярные генераторы (рис. 5), которые используются для получе­ния больших токов (до 100 кА) при низких напряжениях. В таких машинах коллектор отсутствует, но они могут работать только при наличии скользящего контакта, который состоит из щеток 1 и колец 2. Постоян­ный магнитный поток, созданный токами обмотки возбуждения 5, замыкается по ста­нине 3, массивному ротору 4 и двум зазо­рам. Постоянные токи наводятся в массив­ном роторе и снимаются щетками. Чтобы уменьшить электрические потери в роторе, в нем делают пазы, в которые укладывают медные стержни 6. Стержни, приваренные к контактным кольцам, образуют на роторе короткозамкнутую обмотку.

Рис. 5. Униполярная электрическая машина

В последние годы получили распростра­нение также бесколлекторные машины по­стоянного тока с вентильным управлением, в которых механический преобразователь ча­стоты заменен преобразователем частоты на полупроводниковых элементах.

Несмотря на большое число различных типов электрических машин и независимо от их конструктивного исполнения, рода и числа фаз питающего тока и способов созда­ния магнитных полей преобразование энер­гии в машинах происходит только при сле­дующем условии: во всех электрических машинах в установившихся режимах поля статора и ротора неподвижны относительно друг друга. Поле ротора, которое создается токами, протекающими в обмотке ротора, вращается относительно ротора. При этом механическая частота вращения ротора и частота вращения поля относительно ро­тора в сумме равны частоте вращения поля статора, поэтому частоты токов в статоре и роторе жестко связаны соотношением f 2 = f 1 s, (1)

где f 1 , f 2 — частоты тока и напряжения ста­тора и ротора; s — относительная частота вращения ротора или скольжение, определяе­мое частотой вращения поля статора n 1 и частотой вращения ротора машины n 2 :

 s = (nl ± n 2) / n 1 (2)

В синхронных машинах обмотка воз­буждения ротора питается постоянным то­ком (f 2 = 0), и, следовательно, из (1) s = 0, откуда по (2) n= n 1 т. е. ротор синхронной машины вращается синхронно с полем, соз­данным токами обмотки статора.

Жесткая связь частоты тока и частоты вращения определила область применения синхронных машин. Синхронные генераторы являются практически единственными мощ­ными генераторами электрической энергии на электростанциях. Синхронные двигатели с учетом трудностей их пуска применяются как приводы промышленных установок, дли­тельно работающих при постоянной частоте вращения и не требующих частых пусков, на­пример как приводные двигатели воздуходу­вок, компрессоров и т. п. [7, с. 9]

В асинхронных машинах ток в обмотке ротора обусловлен ЭДС, наведенной в про­водниках обмотки магнитным полем ста­тора.

Наведение ЭДС происходит только при пересечении проводниками магнитных силовых линий поля, что возможно лишь при неравенстве частот вращения ротора и поля статора (n 2 ≠ n 1). Частота тока в роторе равна f 2 = f 1 s, что обеспечивает взаимную неподвижность поля токов ротора и поля статора, а частота вращения ротора при этом равна n 2 = n 1(1- s). При скольжении s = l ротор неподвижен (f 2 = f 1), преобразо­вания механической энергии не происходит и имеет место трансформаторный режим ра­боты машины.

При питании обмотки ротора постоян­ным током машина переходит в синхрон­ный режим работы. При питании ротора переменным током асинхронный двигатель может вращаться с частотой большей, чем частота поля статора. Такие режимы исполь­зуются редко из-за сложности пуска ма­шины: необходим разгонный двигатель либо преобразователь частоты. Примером двига­теля этого типа являются двигатели Шраге —Рихтера, в которых для преобразования частоты тока ротора используется коллек­тор, соединенный с добавочной обмоткой ротора. Регулирование частоты вращения двигателя производится изменением доба­вочной ЭДС, вводимой в обмотку ротора, путем изменения положения щеток на кол­лекторе .

В машинах постоянного тока поле воз­буждения создается постоянным током, а поле якоря — переменным. Преобразование постоянного тока сети в многофазный пере­менный ток якоря происходит с помощью механического преобразователя — коллекто­ра. Частота переменного тока якоря опреде­ляется частотой его вращения, и магнитное поле, создаваемое током якоря, неподвижно относительно поля возбуждения машины. [7, с. 9]

Бесколлекторные (вентильные) машины постоянного тока, как правило, обращенные, т. е. их обмотки возбуждения, питаемые по­стоянным током, расположены на вращаю­щемся роторе, а якорные обмотки — на непо­движном статоре. Частота питания якорных обмоток задается статическим преобразова­телем частоты. Условие взаимной неподвиж­ности полей статора и ротора приводит к возможности регулирования частоты вра­щения вала двигателя изменением частоты питания его якорных обмоток. С этой точки зрения вентильные машины постоянного тока могут рассматриваться как синхронные, обмотки переменного тока которых пи­таются от преобразователя частоты.

В однофазных коллекторных машинах обмотки возбуждения питаются переменным током и создают пульсирующее поле. Кол­лектор преобразует однофазный ток питания в многофазный переменный ток с частотой, зависящей от частоты вращения ротора, при которой магнитные поля статора и ротора неподвижны относительно друг друга. Из-за затрудненной коммутации коллекторные машины переменного тока выполняются лишь небольшой мощности

**Глава 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЯ И ЕГО НАЗНАЧЕНИЕ**

Синхронные машины, как и другие электрические машины, обрати­мы, т.е. они могут работать как в двигательном, так и генераторном ре­жимах. Однако электропромышленность выпускает синхронные машины, предназначенные для работы только в генераторном или только в двига­тельном режиме, так как особенности работы машины в том или ином режиме предъявляют различные требования к конструкции машины. [6, с. 431]

Синхронные двигатели чаще работают в пусковых режимах и должны развивать больший пусковой момент, чем генераторы. Это накладывает определенные условия на конструкцию ротора: демпферную (пусковую) обмотку синхронных двигателей рассчитывают на большие токи и более длительный режим.

Для возбуждения синхронных двигателей используется электромашинная система возбуждения или тиристорная система возбуждения. В электромашинных системах возбуждения якорь возбудителя — генерато­ра постоянного тока — соединяется с валом синхронного двигателя жест­ко или в тихоходных машинах — через клиноременную передачу, кото­рая обеспечивает увеличение частоты вращения возбудителя и снижение его массы. Системы возбуждения синхронных двигателей принципиально не отличаются от систем возбуждения генераторов.

Уравнения синхронного двигателя отличаются от уравнений син­хронного генератора лишь тем, что в них изменяется знак момента сопротивления.

Чтобы из генераторного режима перейти в двигательный, надо изме­нить знак момента сопротивления, приложенного к валу синхронной ма­шины. Тогда изменится знак угла θ и направление активной мощности; машина начнет потреблять мощность из сети.

На угловой характеристике (рис. 6) область двигательного режима на­ходится в зоне отрицательных углов θ. Устойчивой частью угловой характе­ристики в двигательном режиме является область от 0 до -90°. Номинальный момент, соответствующий θ ном , находится в области 20-30°. Двигатель с неявнополюсным ротором имеет максимум момента при θ = -90°:

 (3)

Максимальный момент зависит от размера воздушно­го зазора двигателя. Чем больше зазор, тем меньше xd и больше М эм мах . Однако при большом зазоре растут габариты машины. Предел стати­ческой устойчивости

 (4)

Рис. 6 Угловая характеристика синхронной машины

Удельный синхронизирующий момент, как и в генераторном режиме, максимален при θ = 0 и равен нулю при θ = 90° .

Для явнополюсного двигателя за­висимость Мс, Мэм = f (0) имеет такой же вид, как и для генератора, но располагается в зоне отрица­тельных углов θ. [6, с. 432]

U-образные характеристики син­хронных двигателей имеют тот же вид, что и для генераторов. При перевозбуждении синхрон­ный двигатель по отношению к сети является емкостью, недовозбужденный двигатель потребляет из сети реактивную мощность, являясь по от­ношению к сети индуктивностью. При недовозбуждении реакция якоря в синхронном двигателе — подмагничивающая, при перевозбуждении — размагничивающая. Важное значение для исследования процессов преобразования энер­гии в синхронных двигателях имеют рабочие характеристики (рис. 7).

Рис. 7. Рабочие характеристики синхронного двигателя

 С ростом нагрузки на валу двигателя увеличивается момент и ток в якоре, сначала по линейному закону, а затем из-за изменения параметров — по нелинейному закону. Если не изменяется If, cos φ может падать, расти или иметь максимум. Это зависит от значения If и может быть прослежено по U-образным характеристикам: при увеличении Р2 — переходе с одной U-образной характеристики на другую cos φ изменяется, так как из-за внут­реннего падения напряжения кривая cos φ = 1 смещается в область боль­ших нагрузок. При изменении If можно получить постоян­ное значение cos φ при разных Р2 (рис. 8). Кривая 1 на рис. 8 соот­ветствует работе синхронного двигателя с постоянным током возбужде­ния в зоне недовозбуждения на U-образных характеристиках, кривая 2 – работе синхронного двигателя с пере­возбуждением; кривая 3 возможна при регулировании тока возбуждения.

Рис. 8. Зависимости cos φ син­хронного двигателя от нагрузки

Зависимость КПД от нагрузки та­кая же, как и для всех электрических машин.

Характерным отличием синхронных двигателей является постоянство частоты вращения при изменении нагрузки. Син­хронные двигатели имеют предельно жесткие механические характеристики. [6, с. 432]

Одним из основных недостатков синхронных двигателей являются плохие пусковые свойства, которые ограничивают их применение. Пуск синхронных двигателей может быть частотным, при помощи разгонного двигателя или синхронные двигатели могут включаться на полное напря­жение сети (асинхронный пуск). Наиболее распространенным является асинхронный пуск. Вследствие наличия короткозамкнутых контуров на роторе (демпферной обмотки, массивных полюсных наконечников) ротор разгоняется до частоты вращения, близкой к синхронной. Обмотка воз­буждения при асинхронном пуске закорачивается на активное сопротив­ление. После подхода ротора к частоте вращения, близкой к синхронной ( s ≈ 0,05), обмотка возбуждения подключается к возбудителю и осущест­вляется грубая синхронизация машины.

Применяется также пуск с наглухо присоединенным возбудителем. В этом случае при частоте вращения, равной (0,5 ÷ 0,7) n ном, в обмотке воз­буждения синхронного двигателя начинает протекать постоянный ток и машина втягивается в синхронизм. Пуск двигателя с наглухо присоеди­ненным возбудителем сопровождается большими бросками токов и мо­жет осуществляться, если нагрузка не превышает (0,4—0,5) М ном. Однако схема пуска с наглухо присоединенным возбудителем более простая и находит все большее применение.

При тяжелых условиях пуска мощных синхронных двигателей при­меняется реакторный или автотрансформаторный пуск по схемам, рас­смотренным для асинхронных двигателей.

При пуске синхронного двигателя с помощью разгонного двигателя синхронный двигатель доводится до почти синхронной частоты враще­ния. В качестве разгонного двигателя может использоваться асинхронный двигатель, имеющий большую, чем синхронный, синхронную частоту вращения или двигатель постоянного тока, если есть сеть постоянного тока. Пуск с помощью разгонного двигателя применяется редко, так как разгонный двигатель используется только при пуске. [6, с. 432]

При частотном пуске обмотка статора синхронного двигателя под­ключается к преобразователю частоты, который изменяет частоту от не­скольких герц до номинальной частоты. При частотном пуске синхрон­ный двигатель входит в синхронизм при малых частотах. Частотный пуск удобно использовать, если преобразователь частоты можно применять для пуска нескольких двигателей.

Сравнивая синхронные двигатели с асинхронными, следует отметить основное преимущество синхронных двигателей — возможность рабо­тать с cos φ = 1, а при перевозбуждении — и с опережающим cos φ

Максимальный момент синхронного двигателя пропорционален U, а асинхронного – U2. Поэтому синхронные двигатели менее чувствитель­ны к изменению напряжения сети и имеют большую перегрузочную способность. Регулирование потока возбуждения путем изменения тока воз­буждения обеспечивает регулирование реактивной мощности при паде­нии напряжения и уменьшении частоты сети.

Недостатком синхронных двигателей является их более сложная конструкция, необходимость в источнике постоянного тока и худшие по сравнению с асинхронными пусковые свойства.

При мощности двигателей от нескольких киловатт до 100 кВт прояв­ляется еще один недостаток синхронных двигателей — склонность к ка­чаниям. При определенном соотношении параметров синхронных двига­телей ротор покачивается около синхронной частоты вращения.

Синхронные двигатели при условии легких пусков целесообразно при­менять при мощности свыше 200 кВт. Области применения синхронных дви­гателей непрерывно расширяются, и их мощности возрастают до 50 МВт.

Синхронные двигатели мощностью до 1-2 кВт выполняются с явнополюсным ротором без обмотки возбуждения. За счет различия прово­димости по продольной и поперечной осям машины в таких машинах возникает реактивный момент, а асинхронный пуск обеспечивается демпферной обмоткой. [6, с. 433]

На рис. 9 показаны две наиболее распространенные конструкции ро­торов синхронных реактивных двигателей. Четырехполюсная конструкция ротора (рис. 9, а) имеет стальной шихтованный явнополюсный магнитопровод 1 и демпферную обмотку 2. Двухполюсный шихтованный ротор, за­литый алюминием, дан на рис. 9, б. Сердечник ротора 3 заливается алюми­нием 4, который скрепляет сердечник и образует демпферную обмотку.

Рис. 9. Конструкции роторов синхронных реак­тивных двигателей

Реактивные двигатели имеют низкие cos φ и КПД (η = 0,3÷0,4), их масса больше, чем у обычных трехфазных асинхронных двигателей.

Вместо электромагнитного возбуждения можно применять постоян­ные магниты. Серии двигателей с постоянными магнитами выпускаются на мощности от десятков ватт до нескольких киловатт. Они имеют луч­шие энергетические показатели по сравнению с реактивными.

Для обеспечения пускового момента двигатели с постоянными маг­нитами имеют пусковую обмотку в виде бе­личьей клетки, залитой алюминием. Ротор из магнитотвердого мате­риала изготовляется путем литья из специ­альных сплавов. Этот процесс трудоемкий, поэтому ротор имеет

 **3.2. Ремонт синхронных двигателей**

В соответствии с Правилами технической эксплуатации в системе планово предупредительных ремонтов электрооборудования предусмотрено два вида ремонтов: текущий и капитальный.

Текущий ремонт производится с периодичностью, установленной с учетом местных условий, для всех электродвигателей, находящихся в эксплуатации, в том числе в холодном или горячем резерве (подробное разъяснение см. главу 4). *Текущий ремонт* является основным видом профилактического ремонта, поддерживающим на заданном уровне безотказность и долговечность электродвигателей. Этот ремонт производят без демонтажа двигателя и без полной его разборки.

*Капитальный ремонт.* Периодичность капитальных ремонтов электродвигателей Правилами технической эксплуатации не устанавливается. Она определяется лицом, ответственным за электрохозяйство предприятия на основании оценок общей продолжительности работы электродвигателей и местных условий их эксплуатации. Капитальный ремонт, как правило, производят в условиях специализированного электроремонтного цеха (ЭРЦ) или специализированного ремонтного предприятия (СРП). В объем работ при капитальном ремонте входят работы, предусмотренные текущим ремонтом, а также работы.

Разборка электродвигателя производится в порядке, обусловленном особенностями конструкции электродвигателей. Последовательность разборки электродвигателей малой и средней мощности, имеющих подшипниковые щиты с подшипниками качения или скольжения. [6, с. 500]

*Сборка электродвигателей после ремонта.* Подшипники качения напрессовывают на вал ротора. Шариковые подшипники устанавливают целиком. У роликовых подшипников на вал насаждают внутреннее кольцо с телами качения. Внешнее кольцо устанавливают отдельно в подшипниковый щит. Внешнее кольцо устанавливают в посадочное гнездо подшипникового щита с подвижной посадкой (скользящей или движения). Перед сборкой посадочные поверхности протирают и смазывают. Внутренние крышки подшипников устанавливают на вал до посадки подшипников. Подшипники небольших размеров насаживают на вал в холодном состоянии. Для посадки используют монтажную трубу, передающую ударные усилия запрессовки только на внутреннее кольцо подшипника. Для лучшего центрирования ударного усиления трубу снабжают медным кольцом и сферическим

оголовком. Внутреннее кольцо подшипника должно плотно прилегать к заплечнику вала. Наружное кольцо должно легко вращаться вручную. Неразъемные вкладыши подшипников скольжения запрессовываются в посадочные гнезда подшипниковых щитов и фиксируются стопорным винтом.

Следует заметить, что у подшипников типа 180000 (закрытых), применяемых в электродвигателях серии 4А, консервационную смазку удаляют обтирочным материалом, смоченным в ацетоне. Установить на вал внутреннюю крышку подшипника, смазать посадочное место на валу машинным или дизельным маслом и молотком с наставкой напрессовать подшипник на вал ротора. Перед напрессовкой подшипник нагреть, заполнить полость подшипника смазкой и заложить оставшуюся смазку в камеры подшипников. Полости подшипников электродвигателей серии 4А с высотами вращения 112-280 мм заполняют смазкой ЛДС-2, серии 4А с высотами вращения 56-100 мм — смазкой ЦИАТИМ-221, а остальных электродвигателей - смазкой 1-13. [6, с. 500]

Устранить дефект при собранном электродвигателе и снятой крышке щеточного устройства, для чего провести следующие операции и включить электродвигатель в сеть. Со стороны, противоположной щеточному устройству, приложить поочередно к каждому контактному кольцу изолированную планку с закрепленной на ней шлифовальной шкуркой и шлифовать поверхность колец до исчезновения следов пятен и мелких царапин и получения чистоты не ниже 8-го класса. Прошлифовать поверхность контактных колец на токарном станке при помощи суппортно-шлифовального приспособления или деревянной колодки, под которую положена шлифовальная шкурка. Биение проточенных и прошлифованных колец в радиальном направлении не должно превышать 0,06 мм, а в осевом - 0,1 мм.

Снять поврежденную изоляцию с контактной шпильки ножом. Обмотать шпильку кабельной или телефонной бумагой до получения размеров шпильки с изоляцией электродвигателя 6-го габарита по ширине 12 и толщине 4 мм, а 7-го и 8-го габаритов - по ширине 16 и толщине 6 мм. При наматывании на шпильку первый и последний слои кабельной или телефонной бумаги смазать клеем БФ-2. Поверхность изоляции шпильки покрыть изоляционным лаком БТ-99 и просушить на воздухе в течение 3 часов.

**Глава 4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

**4.1. Объем работ по техническому обслуживанию и ремонту**

Важнейшим условием правильной экс­плуатации электрических машин является своевременное проведение планово-преду­предительных ремонтов и периодических профилактических испытаний.

Наряду с повседневным уходом и осмо­тром электрических машин в соответствии с системой планово-предупредительных ре­монтов через определенные промежутки времени проводят плановые профилактиче­ские осмотры, проверки (испытания) и раз­личные виды ремонта. С помощью системы планово-предупредительных ремонтов элек­трические машины поддерживают в состоя­нии, обеспечивающем их нормальные техни­ческие параметры, частично предотвращают случаи отказов, улучшают технические пара­метры машин при плановых ремонтах в ре­зультате модернизации. В настоящее время в соответствии с ГОСТ 18322-78 используют два вида ремонта — **текущий и капитальный,** хотя для отдельных видов электрооборудо­вания предусматривается и средний ремонт. [7, с. 129]

Период между двумя плановыми капи­тальными ремонтами называется **ремонт­ным циклом.** Для вновь вводимых в экс­плуатацию электрических машин ремонтный цикл — это наработка от ввода в эксплуата­цию до первого планового капитального ремонта.

Существуют три формы организации ремонтов — **централизованная, децентрали­зованная, смешанная.** При централизованной форме ремонт, испытание и наладка электрических машин производятся специали­зированными ремонтно-наладочными орга­низациями. Эта форма является наиболее прогрессивной, так как обеспечивает мини­мальную стоимость ремонта при более высоком качестве.

При децентрализованной форме ремонт, испытания и наладка производятся ремонт­ными службами производственных подразде­лений предприятий, при смешанной часть ра­бот выполняется централизованно, часть — децентрализованно, причем степень центра­лизации зависит от характера предприятия, типа и мощности электрооборудования.

С увеличением количества специализи­рованных ремонтных предприятий и их мощности улучшается качество ремонтных работ, уменьшаются их себестоимость и сроки ремонта, что делает централизован­ный ремонт все более выгодным как для отдельных промышленных предприятий, так и для народного хозяйства страны в целом. Усовершенствование централизованного ре­монта предполагает создание централизо­ванного обменного фонда электрических машин и расширение их номенклатуры, рас­пространение сферы услуг ремонтных пред­приятий на производство текущих ремонтов и профилактического обслуживания.

Продолжительность ремонтного цикла определяется условиями эксплуатации, тре­бованиями к показателям надежности, ре­монтопригодностью, правилами технической эксплуатации, инструкциями завода-изгото­вителя. Обычно ремонтный цикл исчисляется в календарном времени исходя из 8-часового рабочего дня при 41-часовой рабочей неделе. Реальная сменность работы оборудования и сезонность его работы учитываются со­ответствующими коэффициентами.

При определении продолжительности ремонтного цикла исходят из графика рас­пределения отказов электрических машин в функции времени эксплуатацию. На нем можно выделить три области: область І — послеремонтная приработка, когда вероятность отказов по­вышена за счет возможного применения при ремонте некачественных узлов, деталей и материалов, несоблюдения технологии ре­монта и т. д.; область ІІ — нормальный этап работы электрических машин с практи­чески неизменным числом отказов во време­ни; область ІІІ — старение отдельных узлов электрической машины, характеризующееся ростом числа отказов. [7, с. 129]

Длительность ремонтного цикла не дол­жна превышать длительности нормального этапа работы II. При планировании струк­туры ремонтного цикла (виды и последова­тельность чередования плановых ремонтов) исходят из того, что в электрической машине наряду с быстроизнашивающимися деталя­ми (щетки, подшипники качения, контактные кольца), восстановление которых произво­дится их незначительным ремонтом или за­меной на новые, имеются узлы с большим сроком наработки (обмотки, механические детали, коллекторы), ремонт которых доста­точно трудоемок и занимает много времени, поэтому в течение наработки между капи­тальными ремонтами электрические машины должны пройти несколько текущих ремон­тов.

Текущие ремонты, как правило, не нару­шают ритма производства, в то время как капитальный ремонт при отсутствии резерва связан с приостановкой производства (тех­нологического процесса). Поэтому межре­монтный период для электрических машин следует приравнивать к межремонтному пе­риоду основного технологического оборудо­вания, если последний оказывается меньшим.

Для электрических машин массового применения, не отнесенных к основному обо­рудованию и имеющих достаточный резерв, можно перейти от системы планово-предупредительного ремонта к послеотказовой системе ремонта. Целесообразность такого перехода должна подтверждаться технико-экономическим анализом.

Продолжительность Т ремонтного цик­ла, а также продолжительность межре­монтного периода t определяют, исходя из нормальных условий эксплуатации при двух­сменной работе по данным, приведенным в табл. 1 (Ттабл, tтабл). Для коллекторных машин постоянного и переменного тока при­веденные в табл. продолжительности ре­монтного цикла и межремонтного периода уменьшают путем введения коэффициента βк = 0,75.

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Условия работы****электрических машин** | **Коэффициент спроса Кс** | **Т табл,****лет** | **t табл,****мес** |
| Сухие помещенияГорячие гальванические, химические цехиЗагрязненные участки— деревообрабаты-вающие, сухой шлифовки и др.Длительные циклы непрерывной работы с высокой степенью загрузки —приводы насосов, вентиляторов, компрессоров, кондиционеров и др. | 0,250,450,250,75 | 12469 | 12689 |

Величины Т и t зависят также от смен­ности работы электрических машин, коэф­фициента использования, характера работы (передвижные или стационарные установки, основное или вспомогательное оборудова­ние). [7, с. 130]

Система планово-предупредительного ремонта предусматривает техническое обслу­живание, текущий и капитальный ремонты, профилактические и послеремонтные испы­тания. В связи с большим разнообразием находящихся в эксплуатации электрических машин невозможно дать полный перечень работ по каждому из составляющих этой си­стемы (кроме испытаний), поэтому ограни­чимся типовыми объемами работ. Перед ремонтом проводятся испытания электриче­ских машин для выявления и последующего устранения дефектов.

*Типовым объемом работ по техническому обслуживанию включает:* ежедневный над­зор за выполнением правил эксплуатации и инструкций завода-изготовителя (контроль нагрузки, температуры отдельных узлов электрической машины, температуры охлаж­дающей среды при замкнутой системе охлаж­дения, наличия смазки в подшипниках, от­сутствия ненормальных шумов и вибраций, чрезмерного искрения на коллекторе и контактных кольцах и др.); ежедневный кон­троль за исправностью заземления; кон­троль за соблюдением правил техники безо­пасности работающими на электрообору­довании; отключение электрических машин в аварийных ситуациях; мелкий ремонт, осу­ществляемый во время перерывов в работе основного технологического оборудования и не требующий специальной остановки электрических машин (подтяжка контактов и креплений, замена щеток, регулирование траверс, подрегулировка пускорегулирующей аппаратуры и системы защиты, чистка до­ступных частей машины и т. д.); участие в приемо-сдаточных испытаниях после мон­тажа, ремонта и наладки электрических машин и систем их защиты и управления; плановые осмотры эксплуатируемых машин по утвержденному главным энергетиком гра­фику с заполнением карты осмотра.

*Типовым объемом работ при текущем ре­монте включает:* производство операций технического обслуживания; отключение от питающей сети и отсоединение от приводно­го механизма (двигателя); очистку внешних поверхностей от загрязнений; разборку элек­трической машины в нужном для ремонта объеме; проверку состояния подшипников, промывку их, замену подшипников качения, если зазоры в них превышают допустимые, проверку и ремонт системы принудительной смазки, замену смазки; проверку, очистку и ремонт крепления вентилятора, проверку и ремонт системы принудительной вентиля­ции; осмотр, очистку и продувку сжатым воздухом обмоток, коллектора, вентиляцион­ных каналов; проверку состояния и надеж­ности крепления лобовых частей обмоток, устранение выявленных дефектов; устране­ние местных повреждений изоляции обмо­ток, сушку обмоток, покрытие лобовых ча­стей обмоток покровным лаком; проверку и подтяжку крепежных соединений и контак­тов с заменой дефектных крепежных дета­лей; проверку и регулировку щеткодержате­лей, траверс, короткозамыкающих устройств, механизма подъема щеток; зачистку и шли­фовку коллектора и контактных колец, продораживание коллектора; проверку состоя­ния и правильности обозначений выводных концов обмоток и клеммных колодок с необ­ходимым ремонтом; замену фланцевых про­кладок и уплотнений; присоединение машины к сети и проверку ее работы на холостом ходу и под нагрузкой; устранение повреждений окраски; проведе­ние приемо-сдаточных испытаний и оформ­ление сдачи машины в эксплуатацию. [7, с. 131]

*Типовым объемом работ при капитальном ремонте включает*: производство операций текущего ремонта; проверку осевого разбега ротора и радиальных зазоров подшипников скольжения с последующей перезаливкой вкладышей; замену подшипников качения; полную разборку машины с чисткой и про­мывкой всех механических деталей; замену дефектных обмоток (включая ремонт корот-козамкнутых обмоток)\*, очистку и продувку сохраняемых обмоток; пропитку и сушку об­моток, покрытие лобовых частей обмоток покровными лаками и эмалями; ремонт кол­лекторов, контактных колец и щеточных уз­лов (вплоть до их замены на новые); ремонт магнитопровода статора и ротора, включая частичную замену листов; восстановление прессовки магнитопроводов; ремонт под­шипниковых щитов, корпуса, восстановление размеров посадочных мест; ремонт вала; ре­монт или замену вентилятора; замену неисправных пазовых клиньев, различных изо­ляционных деталей; сбор­ку и окраску машины; проведение приемо­сдаточных испытаний и оформление сдачи машины в эксплуатацию.

–––––––––––––––––––––––––––

\* Обмотки из прямоугольного провода ре­монтируются с использованием старого провода. Круглый провод повторно, как правило, не исполь­зуется.

  *Перед установкой двигателя на рабочую машину необходимо выполнить следующие подготовительные работы:*

Очистить корпус двигателя от пыли. Тряпкой, смоченной в керосине или бензине, снять антикоррозийную смазку со свободного конца вала. Проверить крепёжные детали двигателя. Убедиться в свободном вращение ротора в обе стороны. Проверить наличие смазки в подшипниковых узлах. Измерить сопротивление изоляции между фазами и корпусом мегомметром на напряжение 500В. Если сопротивление изоляции окажется менее 0,5 Мом, обмотку двигателя необходимо подсушить.

 Сушить обмотку можно токовым способом (с разборкой двигателя или без неё), в сушильном шкафу или лампами накаливания. Во время сушки температура обмоток не должна превышать 100 градусов по Цельсию. В процессе сушки токовым образом необходимо контролировать температуру обмотки.

 Измерить температуру обмотки двигателя в любой части можно термопарой или термометром, шарик которого обёртывают алюминиевой фольгой, а наружную часть покрывают теплоизоляцией (войлоком, ватой и т. д.). Температура в пазовой части обмотки на 10- 15 градусов выше, чем в лобовой.

 Температуру обмоток можно определить и по изменению её сопротивления ( в Омах ) в период нагрева. Сопротивление обмотки можно измерить вольтметром- амперметром или мостом постоянного тока. Температуру обмотки определяют из выражения R2-R1

 tоб = (235+ t1) + t1 ,  (10)

 R1

где tоб- температура обмотки в период сушки, в градусах

 R1- сопротивление обмотки в холодном состоянии, Ом

 R2- сопротивление обмотки во время сушки, в градусах

 t1- температура обмотки до начала сушки, в градусах

 Сушат обмотки до тех пор, пока, сопротивление изоляции не достигнет значения 0,5 Мом. Если сопротивление изоляции не поднимается до указанной величины (обмотка сильно отсырела), сушку продолжают. [7, с. 132]

 Необходимо произвести установку двигателя на рабочую машину в соответствии с правилами монтажа и подключить к питающей сети. Если маркировки выводных концов нет, можно определить начала и концы фаз опытным путём. Для этой цели можно использовать два простых способа.

 В первом случае, определив контрольной лампой или мегомметром начала и концы фаз, соединяют между собой два проводника различных фаз. На эти две последовательно соединенные фазы подают переменное напряжение. К третьей фазе подключают вольтметр или контрольную лампу. Если фазы подключены одноимёнными выводами, например «началами» или «концами», напряжение на третьей фазе будет отсутствовать. Подключённую ранее к вольтметру или лампочке фазу меняют местами с одной из двух последовательно соединённых фаз и аналогично маркируют третью фазу.

Во втором случае найденные концы фаз соединяют по три вместе и к полученным точкам подсоединяют миллиамперметр постоянного тока или прибор Ц-435, используя его как амперметр постоянного тока. Если при вращении ротора двигателя от руки стрелка прибора отклоняется, нужно поменять местами выводы одной из фаз. Если после переключения одной фазы стрелка будет отклоняться следует восстановить первоначальное положение переключённой фазы и поменять местами выводы другой фазы. В одном из трёх вариантов отклонение стрелки прибора прекратится, этим указывая на то, что все фазы соединены одноимёнными выходами. Вращать ротор при переключении выводов фаз нужно в одну сторону.

После ремонта электрические машины подвергаются испытаниям на ремонтном предприятии, объем которых зависит от типа машины и вида проведенного ремонта. Заключение о пригодности к эксплуатации дается не только на основании сравнения результатов испытания с нормами, но и по совокупности результатов проведенных ис­пытаний и осмотров. Значения полученные при испытаниях параметров должны быть сопоставлены с исходными, а также с резуль­татами предыдущих испытаний электриче­ской машины. [7, с. 132]

**4.2. Техника безопасности при ремонте электрических машин**

При проведении планово-предупредительных работ, технического обслуживания, текущих и капитальных ремонтов электрических машин специалисту необходимо соблюдать технику безопасности при эксплуатации.

И в свою очередь должен знать следующее:

1. Выводы обмоток и кабельные воронки у электродвигателей должны быть закрыты ограждениями, снятие которых требует отвёртывания гаек или вывинчивания винтов. Снимать эти ограждения во время работы электродвигателя запрещается. Вращающиеся части электродвигателей: контактные кольца, шкивы, муфты, вентиляторы - должны быть ограждены.
2. Открывать ящики пусковых устройств электродвигателей, установленных в цехе, когда устройство находится под напряжением, разрешается для наружного осмотра лицам, имеющим квалификационную группу не ниже 4-ой.
3. Операции по включению и выключению электродвигателей пусковой аппаратурой с приводами ручного управления должны производиться с применением диэлектрических перчаток или изолирующего основания (подставки).
4. Включение и отключение выключателей электродвигателей производится дежурным у агрегатов единолично.

5. У работающего синхронного электродвигателя неиспользуемая обмотка и питающий его кабель должны рассматриваться как находящиеся под напряжением.

6. Работа в цепи пускового реостата работающего электродвигателя допускается лишь при поднятых щетках и замкнутом накоротко роторе.

Работа в цепях регулировочного реостата работающего электродвигателя должна рассматриваться как работа под напряжением в цепях до 1000В и производиться с соблюдением мер предосторожности. [8]

Шлифование колец ротора допускается проводить на вращающемся электродвигателе лишь при помощи колодок из изоляционного материала.

7. Перед началом работы на электродвигателях, приводящих в движение насосы или тягодутьевые механизмы, должны быть приняты меры, препятствующие вращению электродвигателя со стороны механизма (насос может работать как турбина, дымосос может начать вращаться в обратную сторону за счёт засоса холодного воздуха через трубу и т. д.). Такими мерами являются закрытие соответствующих вентилей или шиберов, их заклинивание или перевязка цепью с запиранием на замок (или снятием штурвала) и вывешиванием плакатов «Не открывать - работают люди» или расцеплением муфт.

8. При отсоединении от синхронного электродвигателя питающего кабеля концы всех трёх фаз кабеля должны быть замкнуты на коротко и заземлены. [8]

Заземление концов кабеля должно производиться посредством специально приспособленного для этой цели переносного заземления, выполненного в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основании материала, рассмотренного в данной дипломной работе можно сделать вывод, что почти вся электрическая энергия (на долю химических источников приходится незначительная часть) вырабатывается электрическими ма­шинами. Но электрические машины могут работать не только в генера­торном режиме, но и в двигательном, преобразуя электрическую энергию в механическую. Обладая высокими энергетическими показателями и меньшими, по сравнению с другими преобразователями энергии, расхо­дами материалов на единицу мощности, экологически чистые электроме­ханические преобразователи имеют в жизни человеческого общества ог­ромное значение.

Электрический двигатель – основной вид двигателя в промышленности электроприводной, на транспорте, в быту и т.д. По роду тока различают электродвигатели постоянного тока, основное преимущество которых заключается в возможности экономичной и плавной регулировки частоты вращения, и двигатели переменного тока. К последним относятся:

* синхронные электродвигатели, у которых частота вращения жестко связана с частотой питающего тока;
* асинхронные электродвигатели, частота вращения которых уменьшается с ростом нагрузки;
* коллекторные электродвигатели с плавной регулировкой частоты вращения в широких пределах.

Наиболее распространенные асинхронные двигатели электрические, они просты в производстве и надежны в эксплуатации (особенно короткозамкнутые). Их главные недостатки: значительное потребление реактивной мощности и невозможность плавного регулирования частоты вращения. Во многих мощных электроприводах применяют синхронные двигатели электрические. В тех случаях, когда необходимо регулировать частоту вращения, пользуются двигателями электрическими постоянного тока и значительно реже в этих случаях применяют более дорогие и менее надежные коллекторные двигатели электрические переменного тока. Мощность двигателя электрического от десятых долей Вт до десятков Мвт.

В синхронных машинах в установив­шихся режимах частота вращения ротора ωр равняется частоте вращения поля ωс. При ωр = ωс частота тока в роторе ƒ2 = 0. В обмотке возбуждения, обычно расположенной на роторе, протекает постоянный ток. Синхронные машины могут работать в ре­жимах генератора, двигателя и синхронного компенсатора. Наиболее распространенный режим работы синхронных машин — генера­торный. Почти вся электроэнергия на Земле на электростанциях вырабатывается син­хронными генераторами — турбо- и гидро­генераторами.

Синхронные двигатели применяются в электроприводах, где требуется постоянная частота вращения. Преимущество синхрон­ных двигателей перед асинхронными — воз­можность работы с опережающим cos φ или cosφ = l, а также большая перегрузочная способность. Однако синхронные двигатели имеют плохие пусковые свойства, и для питания обмотки возбуждения требуется по­стоянный ток. Синхронные двигатели приме­няются в основном как мощные двигатели на мощности свыше 600 кВт и как микро­двигатели на мощности до 1 кВт.

Синхронные машины находят примене­ние также в качестве синхронных компенса­торов — генераторов реактивной мощности. При параллельной работе с сетью при пере­возбуждении синхронная машина выдает в сеть реактивную мощность и является ем­костью, а при недовозбуждении по отноше­нию к сети синхронная машина является индуктивностью и потребляет из сети реак­тивную мощность.

Синхронные компенсаторы используют­ся в энергосистемах как регулируемые емко­сти или индуктивности.

В конструктивном исполнении синхрон­ные машины делятся на явно- и неявнополюсные. Быстроходные машины выпол­няются с неявнополюсным ротором, а тихо­ходные — с явнополюсным.

Важнейшим условием правильной экс­плуатации электрических машин является своевременное проведение планово-преду­предительных ремонтов и периодических профилактических испытаний.

Система планово-предупредительного ремонта предусматривает техническое обслу­живание, текущий и капитальный ремонты, профилактические и послеремонтные испы­тания. В связи с большим разнообразием находящихся в эксплуатации электрических машин невозможно дать полный перечень работ по каждому из составляющих этой си­стемы (кроме испытаний), поэтому ограни­чиваются типовыми объемами работ. Перед ремонтом проводятся испытания электриче­ских машин для выявления и последующего устранения дефектов.

При эксплуатации и ремонте электрических машин и сетей человек может оказаться в сфере действия электрического поля или непосредственном соприкосновении с находящимися под напряжением проводками электрического тока. Воздействие электрического тока на организм человека может явиться причиной электротравмы, т.е. может произойти нарушение его жизнедеятельных функций. Поэтому очень важно для электромонтера или другого иного специалиста, осуществляющий ремонт электрических машин соблюдать правила техники безопасности.

Как в практике электромашиностроения, так и в области теории электрических машин, сделано уже многое и достигнуты несомненные успехи. Но нельзя думать, что все основное уже сделано и остается толь­ко изучать созданное старшим поколением электромехаников.

К основной проблеме в области электромеханики следует отнести создание электрических машин, использующих новые нетрадиционные источники энергии. Сейчас около 80% электроэнергии вырабатывается на тепловых электростанциях за счет сжигания органического топлива. За­пасы нефти, газа и угля ограничены, и необходимо в ближайшие годы значительно уменьшить долю органического топлива в топливном балан­се страны. Электромеханическое преобразование энергии и в будущем будет основным в энергетике, поэтому создание электрогенераторов, ис­пользующих новые источники энергии, является особой заботой специалистов в области электро­механики.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе - М.: Энергия, 1977. – 425 с.

2. Гольдберг О.Д. Гурин Я.С. Проектирование электрических машин. – 2-е изд. перераб и доп. – М.: Высшая школа. – 2001.

3. Иноземцев Е.К. Ремонт и эксплуатация электродвигателя с непосредственным водяным охлаждением типа ЛВ – 8000/6000 УЗ – М.: Энергия, 1980 – 546 с.

4. Иванов И.И., Равдоник В.С. Электротехника: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1984. – 375 с.

5. Копылов И.П., Клоков Б.К., Морозкин В.П. Проектирование электрических машин: Учебное пособие для вузов – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2002 – 757 с.

6. Копылов И.П. Электрические машины: Учеб. для вузов. — 2-е изд., перераб. — М.: Высш. шк.; Логос; 2000. — 607 с.

7. Копылов И. П., Клокова Б. К. Справочник по электрическим машинам: В 2 т./ Т. 1 и 2.—М.: Энергоатомиздат, 1988.—456 с:

8. Москаленко В.В.Справочник электромонтера 2005 г., 2-е изд., 288 стр.

9. Столов Л.И., Афанасьев А.Ю. Моментные двигатели постоянного тока. – М.: Энергоатомиздат,1989. – 224 с.

10. Токарев Б.Ф. Электрические машины: Учебник для техникумов – М.: Энергоатомиздат, 1989. - 672 с.

11. Электродвигатели и электрооборудование. Каталог. Ч1 – М.: ИКФ «Каталог», 1994.

12. Электродвигатели и электрооборудование. Каталог. Ч3 – М.: ИКФ «Каталог», 1996.

13. Защита и диагностика агрегатов электродвигателей: Диагностика и ремонт электротехнического оборудования //Главный энергетик. – 2004. - № 5. – С. 65-67

14. Заякин С. Частотный преобразователь в системах водоснабжения: Электротехническое оборудование //Оборудование: Рынок, предложение, цены. – 2005. - №1. – С. 63-65

15. Кимкетов М. Устройство защиты электродвигателя от перегрузки без оперативного питания //Главный энергетик. – 2005. – № 11. – С.26-27