

ФЕДЕРАЛЬНОЕ КАЗЁННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

«Учебный центр»

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ТЕМА: Электрические машины
переменного и постоянного тока

Разработал: преподаватель Пудов В.В.

Основные понятия об электрических машинах

Электрической машиной принято считать электромеханическое устройство, способное преобразовать механическую энергию в электрическую и обратно. В первом случае происходит выработка электроэнергии (машины являются генераторами), во втором – её потребление (электродвигатели).

Электродвигатели необходимы для того чтобы привести в движение транспортные средства, станки и другие механизмы.

Генераторы применяются во многих областях, в которых требуется поддержание стабильного электроснабжения. Например, они широко применяются в поликлиниках, детских садах, морозильных складах, больницах и многих других местах и учреждениях, в которых требуется поддержание стабильного электроснабжения.

Генераторы и электродвигатели являются основной сферой использования **электрических машин**. Но они могут быть также использованы и в качестве **электромеханических преобразователей (умформеров)** – агрегатов, которые способны преобразовывать электрическую энергию в различные её формы. Например:

- **Инвертор** - преобразователь постоянного тока в переменный.
- **Электромашинный усилитель** - увеличитель мощности электрических сигналов
- **Индукционный регулятор** - устройство способное отрегулировать напряжение переменного тока.
- Отдельной категорией можно назвать **сельсины** – самосинхронизирующиеся индукционные машины, которые обеспечивают возможность вращения нескольких осей независимо друг от друга с точки зрения механики. Такие устройства используются в электронике, в составе сварочных аппаратов для регулировки их рабочей мощности.

Классификация электрических машин

Электрические машины можно условно разделить на коллекторные и бесколлекторные, или по-другому машины переменного тока. В свою очередь первую группу условно делят на электрические машины постоянного тока и универсальные электродвигатели. Электрические машины переменного тока можно условно разделить на синхронные и асинхронные (рисунок 1).



Рисунок 1. Классификация электрических машин.

Коллекторные машины

Коллекторные агрегаты работают только на постоянном токе, поэтому отличительной чертой их конструкции является наличие механического преобразователя, который позволяет получить постоянный ток из переменного или наоборот. Они могут использоваться в качестве двигателя или генератора без необходимости внесения изменений в схему.

Их существенными преимуществами являются отличные пусковые характеристики и возможность плавной регулировки частоты вращения вала. Именно поэтому коллекторные электрические машины постоянного

тока нашли очень широкое применение в качестве приводов для прокатных станов, электротранспорта, источников питания для сварочных аппаратов, электролитических ванн. В самолётах, тракторах, автомобилях такие двигатели приводят в движение всё используемое вспомогательное оборудование.

Небольшая группа коллекторных машин небольшой мощности выполняется в виде универсальных двигателей, которые уникальны тем, что могут работать и от постоянного, и от переменного тока.

Бесколлекторные машины

Бесколлекторные агрегаты работают только с переменным током и делятся на синхронные и **асинхронные машины**.

Синхронные машины широко применяются как в качестве генераторов, так и электродвигателей, в то время как **асинхронные** – в основном служат двигателями.

Принцип работы электрических машин

Синхронный генератор

Принцип работы синхронного генератора основывается на вращении магнитного поля. Современные генераторы имеют довольно простую конструкцию и способны производить электроэнергию высокого напряжения.

Большой востребованностью в современной энергетике стали пользоваться электромеханические генераторы вращающегося типа.

Принцип их работы основывается на возникновении электродвижущей силы в проводнике, который находится под воздействием переменного магнитного поля. Все генераторы состоят из двух основных частей: индуктора, в котором создается магнитное поле, и якоря, создающего электродвижущую силу. Неподвижный элемент генератора носит название статор, а вращающийся

— ротор. В генераторах переменного тока ротор выполняет функции индуктора.

Конструктивно индуктор представляет собой электромагнитную систему, в состав которой входит 2 полюса или больше и обмотка возбуждения (рисунок 2).

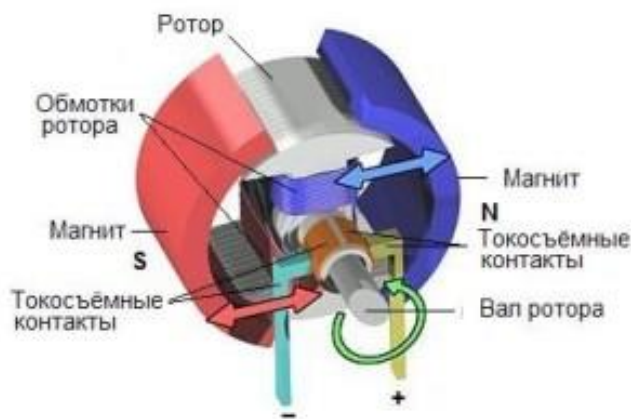


Рисунок 2. Синхронный генератор.

Эту обмотку питает постоянный ток возбуждения. В некоторых случаях используются индукторы, основой которых являются постоянные магниты.

Во всем современном мире подавляющую часть электроэнергии получают с использованием синхронных электрических генераторов.

Синхронный генератор, в основном, вырабатывает электроэнергию тогда, когда ротор синхронного генератора движется по кругу вместе с магнитным полем, линии которого встречаются в неподвижной обмотке статора. Поле образуется посредством возбуждения дополнительным устройством, например: вспомогательным генератором; аккумулятором; разнообразными энергетическими преобразователями; и другими энергоисточниками.

Стоит отметить, что процесс преобразования энергий в СГ может происходить и по-другому – вращающиеся части проводникового элемента могут располагаться в обездвиженном магнитном поле. В этом случае возникает трудность токосъема через щеточно-коллекторный узел электрической машины, какой соединяет ротор с цепями ее неподвижной части.

Для генераторных машин невысокой мощности подобная схема может успешно применяться. Зачастую она встречается в установках передвижного типа. Электроэнергетика с такими устройствами построена, в основном, на электронапряжении в диапазоне 15 000-40 000 В.

Энергообмен через коллектор синхронного генератора затруднителен. К тому же обмоточная катушка подвижного типа подвергается ударным нагрузкам большой силы и вращательным движениям с попеременной скоростью, что формирует проблему с изоляцией. По этой причине якорные элементы производят обездвиженными, так как именно через них пропускается основная масса энергии.

Синхронный электродвигатель

Когда речь идёт о синхронном электродвигателе, то его работа начинается с подачи тока на обмотку статора. Это приводит к вращению магнитного поля, которое при взаимодействии с полем ротора вырабатывает силу, которая, в конечном счёте, преобразует электрическую энергию в механическую и вращает вал.

Асинхронный электродвигатель

В асинхронном электродвигателе при включении обмотки статора в сеть образуется вращающееся с частотой $n1$ магнитное поле (рисунок 3).

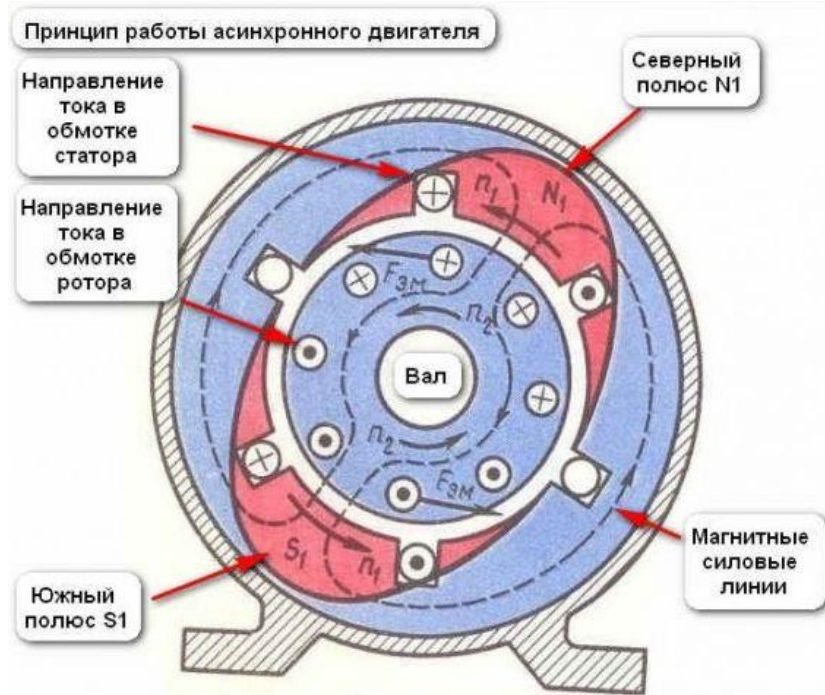


Рисунок 3. Асинхронный электродвигатель.

При этом в обмотке статора и ротора наводится ЭДС. Благодаря тому, что обмотка ротора замкнута в ней возникает ток, который взаимодействуя с полем статора создаёт электромагнитные силы $F_{эм}$ приводящие во вращение ротор двигателя.

Электрические машины постоянного тока

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.

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.

Эксплуатация электрических машин

Общие понятия эксплуатации

Под эксплуатацией электрических машин понимается совокупность подготовки машин, использование их по назначению, их технического обслуживания, хранения и транспортировки. Основные задачи эксплуатации – добиться бесперебойной, надежной и качественной работы электрических машин, повышать надежность их работы. Главная задача эксплуатации – поддерживать электрические машины в исправном состоянии в течение всего времени работы, обеспечивать их бесперебойную и экономичную работы. Для осуществления этой задачи необходимо проводить плановое и техническое обслуживание, включающее проведение плановых ремонтов и профилактических испытаний (осмотров).

При эксплуатации техническое состояние электрических машин ухудшается из-за износов, поломок, ослабления креплений и т.д. Даже

ненадежный контакт в электрической машине или схеме ее управления может привести к ложному срабатыванию защиты, выходу машины из строя или аварии.

Правильное техническое обслуживание позволяет своевременно выявлять и устранять как причины, которые могут повлечь неисправность, так и саму неисправность.

Важным эксплуатационным показателем является надежность электрической машины. Для большинства неремонтируемых машин в качестве показателя надежности принимается вероятность безотказной работы или (и) средний срок службы. Для ремонтируемых электрических машин – вероятность безотказной работы или (и) наработка.

Условия хранения электрических машин

Электрическая машина с завода-изготовителя поступает к заказчику на место установки, и с этого момента начинается ее эксплуатация. Как правило, перед установкой электрическая машина в течение определенного времени храниться в нерабочем состоянии в своей транспортной упаковке. Допускается использовать транспортную упаковку на складах заказчика.

По условиям хранения электрических машин на складах различают 4 группы условий: Л-легкую, С-среднюю, Ж-жесткую, ОЖ-особо жесткую. В свою очередь группа хранения «Ж» имеет 3 подгруппы (Ж1,Ж2,Ж3) отличающиеся по условиям окружающей среды.

Общий срок транспортирования и хранения электрических машин в транспортной упаковке не должен превышать:

- 2 года – в особо жестких условиях
- 3 года – в жестких условиях
- 5 лет – в легких и средних условиях.

При размещении на хранение транспортная упаковка вскрывается, проверяется сохранность внутренней упаковки, консервации и самой электрической машины. Все повреждения внутренней упаковки и консервации восстанавливают. При складировании машины (или их части) массой до 500 кг размещают на стеллажах. Размещение на хранение различных типов электрических машин (и их частей) должно производиться следующим образом:

синхронные машины и асинхронные двигатели с фазным ротором в собранном виде - Л в районах умеренного климата;

ЖЗ — в районах тропического климата;

асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором в собранном виде —С и ЖЗ;

машины постоянного тока в собранном виде — Л и ЖЗ;

статор и части статора машин переменного тока, магнитная система машин постоянного тока, кожухи и щиты, маховики и вентиляторы — С и ЖЗ;

стояковые подшипники, роторы машин переменного тока, якоря машин постоянного тока, аппараты, щиты и станции управления низкого напряжения, траверсы - Л и ЖЗ; фундаментные плиты - Ж2 и ОЖ2.

Выбор электрической машины

Процедура выбора электродвигателей состоит в удовлетворении ряда требований потребителя. Выбор состоит в переборе всевозможных вариантов, в том числе по роду тока и напряжению, конструктивному исполнению, уровню вибрации и шума, мощности и режиму работы.

В соответствии с рекомендациями электрические машины постоянного тока выбираются лишь в тех случаях, когда двигатели переменного тока не обеспечивают требуемых характеристик механизма, либо не экономичны.

При этом для механизмов с продолжительным режимом работы, с редкими включениями и малыми нагрузками при пуске наиболее целесообразен

синхронный двигатель. Применение синхронного двигателя позволяет обеспечить высокие энергетические показатели в процессе эксплуатации.

Что касается напряжения, то двигатели постоянного тока единой серии 2П изготавливаются на одно номинальное напряжение каждый, асинхронные двигатели единой серии 4А — на одно или два номинальных напряжения каждый, синхронные двигатели — на одно напряжение. При этом двигатели должны обеспечивать выдачу номинальной мощности при отклонении напряжения от номинального в некотором диапазоне. Знание этого диапазона (имеется в стандартах и ТУ на соответствующие типы двигателей) особенно необходимо при выборе двигателей, работающих в автономных сетях, где их нагрузка соизмерима с мощностью сети.

Выбор по конструктивному исполнению. При выборе конструктивного исполнения двигателя необходимо учитывать условия его эксплуатации, под которыми следует понимать в первую очередь воздействие климатических факторов окружающей среды, а также способ охлаждения и исполнение двигателей по способу монтажа.

Электрические машины обычно предназначаются для эксплуатации в одном или нескольких макроклиматических районах.

Электрические машины с маркировкой исполнения У, УХЛ, Т, О предназначены для эксплуатации на суше, реках и озерах, исполнения М, ОМ — на морских судах, В — на суше и на море для всех макроклиматических районов, в том числе: У — для макроклиматических районов с умеренным климатом, УХЛ — с холодным климатом, Т — с тропическим климатом, О — для всех макроклиматических районов на суше, М — с умеренно холодным морским климатом, ОМ — для неограниченного района плавания.

Кроме климатических условий важное значение имеет выбор электродвигателя в зависимости от способа его охлаждения. Это зависит от категории размещения, условий окружающей среды и класса нагревостойкости его изоляции. Кроме того определяется так же экономическими факторами и режимом работы.

От правильного выбора электродвигателя по мощности зависят надежность его работы в электроприводе и энергетические показатели в процессе эксплуатации. В тех случаях, когда нагрузка двигателя существенно меньше номинальной, он недоиспользуется по мощности, что свидетельствует об излишних капитальных вложениях, его КПД и коэффициент мощности заметно снижаются.

Если нагрузка превышает номинальную, это приводит к увеличению токов и потерь мощности выше соответствующих номинальных значений, вследствие чего температура (превышение температуры) обмоток и магнитопровода двигателя может превысить допустимое значение. Рост температуры выше заданных значений приводит к резкому ускорению старения изоляции вследствие изменения ее физико-химических свойств и соответственно уменьшению срока службы и надежности двигателя в целом, поэтому одним из основных критериев выбора двигателя по мощности является температура (превышение температуры) обмоток.

Задача выбора электродвигателя по мощности осложняется тем обстоятельством, что нагрузка на его валу в процессе работы, как правило, изменяется во времени, вследствие чего изменяются также потери мощности и соответственно температура двигателя. Если при этих условиях выбрать двигатель таким образом, чтобы его номинальная мощность была равна наибольшей мощности нагрузки, он будет недоиспользован по мощности.

Очевидно также, что недопустимо выбирать номинальную мощность двигателя равной минимальной мощности нагрузки.

Для обоснованного решения вопроса выбора электродвигателя по мощности необходимо знать характер изменения нагрузки двигателя во времени, т. е. зависимость от времени мощности, электромагнитного момента и потерь двигателя. С этой целью для машин, работающих в циклическом режиме, обычно строится нагрузочная диаграмма, представляющая собой зависимость нагрузки электропривода от времени в течение рабочего цикла.

Зависимость изменения нагрузки от времени позволяет судить об изменениях потерь в электродвигателе, что в свою очередь дает возможность оценить температуру его отдельных частей при известном характере процесса их нагрева.

Этот подход позволяет выбрать двигатель таким образом, чтобы максимальная температура изоляции обмоток не превышала допустимого значения. Это условие является одним из основных для обеспечения надежной работы электродвигателя в течение всего срока его эксплуатации.

Второе условие выбора двигателя заключается в том, что его перегрузочная способность должна быть достаточной для устойчивой работы электропривода в периоды максимальной нагрузки или аварийного снижения напряжения.

Таким образом, для правильного выбора двигателя необходимо знать точную зависимость нагрузки от времени, на базе которой можно рассчитать потери в его отдельных частях. Затем необходимо провести подробный тепловой расчет с учетом в большинстве случаев переходных процессов (пуска, реверса, торможения, перехода от одной нагрузки к другой), на основании которого можно сделать вывод о том, правильно ли выбран двигатель.

Основные неисправности электрических машин и причины их появления

Электрические машины чаще всего повреждаются из-за недопустимо длительной работы без ремонта (износ), из-за плохого хранения и обслуживания, из-за нарушения режима работы, на который они рассчитаны. Все отказы можно разделить на две категории— электрические, механические.

К электрическим отказам относятся отказы по причине пробоя изоляции на корпус и между фазами, обрыва проводников в обмотке, замыкания между витками обмотки, нарушения контактов и соединений (паяных и сварных), недопустимого снижения сопротивления изоляции вследствие ее старения или

чрезмерного увлажнения, нарушения межлистовой изоляции магнитопроводов, чрезмерного искрения в коллекторных машинах.

К механическим отказам относятся отказы по причине выплавки баббита в подшипниках скольжения, разрушения сепаратора, шариков или роликов в подшипниках качения, деформации вала ротора, образования глубоких дорожек на поверхности коллектора или контактных колец, ослабления крепления сердечников полюсов и статоров к станине, обрыва бандажей или их сползания, ослабления прессовки сердечников, ухудшения охлаждения машины из-за засорения охлаждающих каналов.

Неисправности и повреждения электрических машин, вызывающие отказ, не всегда удается обнаружить путем внешнего осмотра, так как некоторые из них (в основном электрические) носят скрытый характер и могут быть обнаружены только после соответствующих испытаний и разборки машины.

Требования безопасности при эксплуатации электрических машин

Согласно руководящих документов, электрические машины (электродвигатели/генераторы) по электробезопасности относятся к категории «электроустановка». Поэтому, при эксплуатации электрических машин необходимо строго выполнять все требования РБЭ ЭУ – 2003 (РБЭЭ КВ – 2004), предусмотренные для эксплуатации ЭУ.

Так, например, лица, допущенные к эксплуатации электрических машин, не должны иметь медицинских противопоказаний для работы с ними.

Лица, допущенные к эксплуатации электрических машин обязаны:

знать требования уставных, распорядительных и эксплуатационных документов, , Правил пожарной безопасности в объеме, соответствующем занимаемой должности и выполняемым обязанностям;

- иметь соответствующую группу по электробезопасности;
- знать устройство и принцип работы эксплуатируемых электрических машин и применяемых, механизмов и приспособлений;

- твердо знать условия обеспечения безопасности выполнения конкретных работ с электрическими машинами;
- иметь необходимые практические навыки выполнения штатных технологических операций с электрическими машинами;
- знать устройство, назначение и порядок пользования средствами защиты и пожаротушения и уметь практически пользоваться ими;
- уметь освобождать человека от действия электрического тока, оказывать первую помощь пострадавшим от него в соответствии с Инструкцией по оказанию первой помощи пострадавшему от электрического тока и при других несчастных случаях (приложение № 4 к настоящему Руководству);
- иметь при себе удостоверение на право самостоятельной работы.