

Министерство сельского хозяйства РФ
ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА

Инженерный факультет

Терминологический словарь по электрическим машинам

Нижний Новгород
2020

Рецензент:

Борис Иванович Горбунов — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Механизация и электрификация сельского хозяйства ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА».

Роман Валентинович Кошелев — кандидат технических наук, доцент и.о. заведующего кафедрой «Эксплуатация мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА».

Меженина Е. И., Аль-Хелю А. С.

Терминологический словарь по электрическим машинам / Е. И. Меженина, А. С. Аль-Хелю; Нижегородская ГСХА. — Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2020. — 36 с.

В словаре по электрическим машинам даны основные понятия и термины, используемые в области электрических машин.

Пособие предназначено для проведения практических, лабораторных и самостоятельных занятий студентов очной, заочной и дистанционной форм обучения направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия.

© ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА», 2020

© Е. И. Меженина, 2020

© А. С. Аль-Хелю, 2020

ВВЕДЕНИЕ

Терминологический словарь по электрическим машинам построен по принципу технического словаря, основной информационной единицей является ключевое слово, характеризующее те или иные конструктивные, схемные особенности электрических машин, способы и средства измерения их параметров.

В справочнике содержится около 100 терминов, расположенных в алфавитном порядке.

Большая часть определений к терминам заимствованы из соответствующих ГОСТ.

Терминологический словарь предназначен для изучения дисциплины «Электрические машины» и «Электрические машины и электропривод».

Процесс изучения дисциплины «Электрические машины» в соответствии с ФГОС ВО И ОПОП ВО направлены на формирование следующих компетенции:

— способность использовать информационные технологии при проектировании машин и организация их работы (ПК-6)

— готовность к профессиональной эксплуатации машин и технологического оборудования электроустановок (ПК-8)

— способность использовать современные методы монтажа, наладки машин и установок, поддержания режимов работы электрифицированных и автоматизированных технологических процессов, непосредственно связанных с биологическими объектами (ПК-10)

В результате изучения дисциплины «Электрические машины» студент должен:

Знать: Общие вопросы теории электромеханического преобразования энергии, особенности характеристик машин различного типа; режимы работы и параметры двигателей и генераторов.

Уметь: подключать и испытывать электрические машины и трансформаторы, рассчитывать и измерять параметры машины и трансформаторов.

Владеть: навыками расчета и выбора электрических машин и трансформаторов.

- А -**АСИНХРОННАЯ МАШИНА (АМ)**

машина переменного тока, у которой в установившемся режиме магнитное поле, участвующее в основном процессе преобразования энергии, и ротор вращаются с разными частотами вращения.

Синхронная частота вращения АМ прямо пропорциональна частоте напряжения питания и обратно пропорциональна числу пар полюсов обмотки статора: $n = 60 f/p$, где n — частота вращения; f — частота сети; p — число пар полюсов.

Для обеспечения работоспособности машины частота вращения электромагнитного поля, создаваемого обмоткой статора, должна быть больше (режим генератора) или меньше (режим двигателя) частоты вращения ротора. Разность указанных частот вращения, отнесенная к синхронной частоте вращения АМ, называется скольжением.

АВТОТРАНСФОРМАТОР

статический электромагнитный аппарат, две или более обмоток которого гальванически связаны так, что они имеют общую часть. Это трансформатор, имеющий такую обмотку, которая принадлежит одновременно и первичной и вторичной сети.

Наличие гальванической связи между первичной и вторичной обмотками приводит к тому, что часть мощности передается в нагрузку непосредственно из питающей сети, а другая часть мощности передается с помощью электромагнитного поля, как в обычном трансформаторе. Обмотки и магнитная система автотрансформатора рассчитаны на последнюю составляющую полной мощности автотрансформатора, что позволяет делать его на большую мощность.

Преимущество автотрансформатора заключается в снижении массы и габаритов по сравнению с обычными трансформаторами. Основным недостатком является невысокая электробезопасность, поскольку при повреждении изоляции высшее напряжение может оказаться на стороне обмотки низшего напряжения, к тому же автотрансформаторы плохо выдерживают действие тока короткого замыкания. По этой причине область использования автотрансформатора весьма ограничена.

- Б -**БАК ТРАНСФОРМАТОРА**

бак, в котором размещается активная часть трансформатора или трансформаторного агрегата с жидким диэлектриком. Бак закрывается крышкой, которая прикручивается к активной части трансформатора посредством болтов. Для повышения теплоотдачи на внешней поверхности бака расположены ребра охлаждения. Для трансформаторов большой мощности через стенки бака

проходят трубы, в которых циркулирует масло. В баке с гладкими стенками часто используются тепловые трубы, располагаемые в зависимости от мощности трансформатора в 2–5 рядов.

БИРКА С ПАСПОРТНЫМИ ДАННЫМИ

табличка из металла или пластмассы, закрепляемая на корпусе прибора, аппарата или электрической машины и содержащая основные технические данные о них.

К техническим данным относятся номинальное напряжение, род и значение тока, номинальная мощность, число фаз переменного тока, частота вращения (для электродвигателей), масса и т. д. Кроме того, в табличке указываются завод-изготовитель, заводской номер, дата выпуска, тип прибора, аппарата или электрической машины.

- В -

ВЗАИМНАЯ ИНДУКЦИЯ

электромагнитная индукция, вызванная изменением сцепляющегося с контуром магнитного потока, обусловленного электрическими токами в других контурах.

На взаимной индукции основан принцип работы трансформатора. При подключении первичной обмотки трансформатора к сети переменного тока в ней возникает переменный ток, создающий изменяющийся магнитный поток в магнитной системе трансформатора. Магнитный поток пронизывает витки вторичной обмотки трансформатора, вследствие чего в ней наводится ЭДС взаимной индукции. Значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора определяется коэффициентом трансформации.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЛИНЕЙНОГО И ФАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЙ

в трехфазной сети переменного тока линейное напряжение в $\sqrt{3}$ раз больше фазного напряжения.

ВИХРЕВОЙ ТОК

ток, возникающий в массивных деталях из металла под действием электромагнитной индукции.

При прохождении переменного магнитного поля через массивные металлические детали в теле детали возникает движение электронов, т.е. вихревой ток. Он появляется как в магнитопроводах вращающихся электрических машин, так и магнитных системах трансформаторов. Ввиду того что вихревой по своему характеру близок к току короткого замыкания, он вызывает сильный нагрев магнитопроводов. Появление вихревого тока приводит, как правило к нежелательным явлениям: перегревам, изменению механических и магнитных свойств исходных материалов. Однако существуют и такие устройства, действие которых основано на использовании вихревого тока, например демпферы, электромагнитные тормоза.

ВОЗБУЖДЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ

один из способов возбуждения генератора постоянного тока, при котором обмотка возбуждения подключается параллельно обмотке якоря.

Ввиду того, что обмотка возбуждения подключается на то же напряжение, что и обмотка якоря, она выполняется из провода небольшого диаметра с большим количеством витков.

ВОЗБУЖДЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ

один из основных способов возбуждения электрических машин постоянного тока, реализуемый посредством последовательного включения обмоток якоря и возбуждения. При этом через обмотки возбуждения и якоря протекает один и тот же ток, вследствие чего первая из них выполняется с малым количеством витков из провода большого сечения.

ВОЗБУЖДЕНИЕ СМЕШАННОЕ

электромагнитное возбуждение машины постоянного тока, в которой обмотка возбуждения состоит из двух секций, одна из которых включена параллельно обмотке якоря, а другая последовательно с ней.

ВРАЩАЮЩЕЕСЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

магнитное поле постоянной амплитуды, перемещение которого относительно неподвижной обмотки приводит к появлению в ней ЭДС. В электрических машинах оно вращается относительно якорной обмотки. Следует отметить, что абсолютная частота вращения поля в пространстве не влияет на значение ЭДС.

Вращающееся поле синхронной машины. При неподвижной обмотке якоря (синхронная машина с внутренними полюсами, нормального исполнения), обмотка возбуждения, подключенная к источнику постоянного магнитного поля создает постоянный магнитный поток. При вращении ротора магнитный поток создает вращающееся поле. В машине с внешними полюсами (обращенного исполнения) поток возбуждения всегда неподвижен. В этом случае вращающийся якорь создает вращающееся поле.

Вращающееся поле в трехфазных двигателях переменного тока. Если на фазной обмотке статора, расположенной под углом 120° по его окружности подать трехфазное переменное напряжение, то возникающий при этом в обмотках ток создает результирующее магнитное поле. Поле вращается относительно катушек обмотки двигателя с фазным ротором или стержней обмотки двигателя с коротко замкнутым ротором с постоянной частотой вращения. Частота вращения поля пропорциональна частоте напряжения питания и числу пар полюсов обмотки статора асинхронного двигателя. Это означает, что при частоте напряжения питания, равной 50 Гц, максимальная частота вращения асинхронного двигателя составляет 3000 об/мин ($2p = 2$). Направление вращения поля зависит от последовательности чередования фаз питающей сети.

Для вращающегося магнитного поля справедлив принцип наложения. Это означает, что при наличии двух вращающихся полей, направление вращения которых совпадает, образуется результирующее вращающееся поле, амплитуда которого равна геометрической сумме амплитуд указанных полей. Если два вращающихся поля одинаковой амплитуды вращаются в разные стороны, то результирующее поле имеет пульсирующий характер, т. е. может быть представлено как переменное поле с неизменным положением в пространстве и с амплитудой, изменяющейся по синусоидальному закону.

ВЫПАДЕНИЕ ИЗ СИНХРОНИЗМА

нарушение устойчивости параллельной работы синхронной машины с сетью при синхронной частоте вращения, в результате которого машина начинает вращаться с асинхронной частотой вращения.

Выпадение из синхронизма означает потерю устойчивости синхронной машины, запас которой определяется углом θ сдвига фаз напряжения и ЭДС синхронной машины. Для синхронных машин с явно полюсным ротором указанный угол не должен превышать 90° , для синхронных машин с неявнополюсным ротором $\theta < 75^\circ$. При выпадении из синхронизма в якорной обмотке синхронной машины происходит резкое увеличение тока, что приводит к срабатыванию токовой защиты.

- Г -

ГЕНЕРАТОР (Г)

вращающаяся электрическая машина, предназначенная для преобразования механической энергии в электрическую.

В зависимости от рода тока и напряжения различают Г постоянного тока, одно- и многофазные Г переменного тока. Принцип работы Г основан на законе электромагнитной индукции. В конструктивном отношении Г отличаются большим разнообразием.

ГЕНЕРАТОР АСИНХРОННЫЙ (ГА)

вращающаяся электрическая машина переменного тока, частота вращения которой превышает частоту вращения электромагнитного поля в рабочем зазоре. В этом режиме работы машина отдает активную мощность в сеть, т. е. работает в режиме генератора. Асинхронный двигатель с коротко замкнутым ротором может быть использован как ГА в том случае, если кроме выполнения указанного выше условия в его обмотку статора будет поступать из сети реактивная мощность, создающая вращающееся электромагнитное поле в зазоре машины. На сверхсинхронной частоте вращения ротора создается вращающееся электромагнитное поле, направление вращения которого противоположно направлению вращения ротора. Следует отметить, что ГА не получили широкого распространения как источники электроэнергии переменного тока из-за сложности

их возбуждения и регулирования напряжения. Генераторный режим работы асинхронных машин используется в основном для их торможения и сравнительно просто реализуется в случае использования обмоток с переключением пар полюсов (например, в электроприводе центрифуги). Асинхронные двигатели с фазным ротором используются также в режиме ГА, причем сверхсинхронная частота вращения обеспечивается под действием активного момента на валу, например, при спуске груза на крановых механизмах. Принцип работы асинхронного двигателя с фазным ротором в режиме ГА тот же, что и для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

ГЕНЕРАТОР (Г) ПОСТОЯННОГО ТОКА

вращающаяся электрическая машина постоянного тока, предназначенная для преобразования механической энергии в электрическую постоянного тока.

Рабочий процесс можно условно разделить на 4 стадии:

1 — «*возбуждение*». Обмотка возбуждения, расположенная на полюсах, подключается к источнику постоянного напряжения. Под действием приложенного напряжения по обмотке потечет ток возбуждения, который создает основной магнитный поток. Этот магнитный поток замыкается по магнитной цепи генератора, пронизывая обмотку якоря.

2 — «*подведение первичной энергии*». Якорь приводится во вращение первичным двигателем.

3 — «*преобразование энергии*». Вращающиеся проводники якоря пересекают основной магнитный поток. Это индуцирует электродвижущие силы ЭДС в проводниках обмотки якоря. ЭДС проводников через коллектор и щетки выводится на зажимы генератора. Таким образом, в режиме холостого хода напряжение генератора равно ЭДС, а мощность первичного двигателя затрачивается на покрытие потерь холостого хода.

4 — «*передача энергии нагрузке*». К зажимам генератора подключается электрическая нагрузка. Под действием напряжения по нагрузке и обмотке якоря протекает ток. Ток обмотки создает магнитный поток, называемый магнитным потоком реакции якоря. Взаимодействие потоков возбуждения и реакции якоря создает тормозной электромагнитный момент, преодолевая который первичный двигатель затрачивает механическую энергию, а генератор превращает ее в электрическую.

При вращении с помощью первичного двигателя ротора генератора постоянного тока в магнитном поле, образованном обмоткой возбуждения, в обмотке якоря в соответствии с законом электромагнитной индукции наводится ЭДС. Максимальное значение ЭДС будет иметь место при расположении стороны катушки под магнитным полюсом. При пересечении обмоткой якоря оси геометрической нейтрали ЭДС обращается в нуль, при дальнейшем повороте ротора изменяет знак на противоположный. Для выпрямления возникающего в обмотке якоря переменного напряжения используется коллектор, благодаря чему со щеток генератора снимается напряжение постоянного тока с незначи-

тельным уровнем пульсаций. Значение напряжения на зажимах обмотки якоря определяется частотой вращения и током возбуждения. Выходные характеристики генератора зависят от способа возбуждения (электромагнитное или от постоянных магнитов) и от схемы включения обмотки возбуждения по отношению к обмотке якоря. На практике используются генераторы постоянного тока с параллельным, последовательным и смешанным электромагнитным возбуждением.

ГЕНЕРАТОР ПЕРЕМЕННОГО ТОКА АВТОМОБИЛЬНЫЙ

синхронный генератор с электромагнитным возбуждением, предназначенный для питания электропотребителей автомобиля и приводимый во вращение двигателем внутреннего сгорания.

В связи с тем, что частота вращения двигателя внутреннего сгорания изменяется в зависимости от режима работы автомобиля в широких пределах (600–7000 об/мин), для стабилизации напряжения генератора используется регулятор тока возбуждения. На роторе генератора расположена кольцевая обмотка возбуждения, подключенная к источнику постоянного тока. На статоре расположена обмотка переменного тока, соединенная по схеме звезда, причем выводы указанной обмотки подключены к нерегулируемому трехфазному мостовому выпрямителю. Таким образом, питание электропотребителей автомобиля осуществляется постоянным током стабильного напряжения, значение которого поддерживается при помощи электронного или электромеханического регулятора тока возбуждения на уровне 14 или 28 В.

ГЕНЕРАТОР СИНХРОННЫЙ (СГ)

синхронная машина, предназначенная для преобразования механической энергии в электрическую.

Наиболее распространенным вариантом конструктивного исполнения СГ является конструкция с полюсами, установленными на валу ротора. Обмотка возбуждения подключается к источнику постоянного тока с помощью двух контактных колец со щетками. При вращении индуктора в рабочем воздушном зазоре СГ возникает вращающееся электромагнитное поле, которое наводит ЭДС в обмотке якоря (статора). Частота напряжения в обмотке якоря прямо пропорциональна частоте вращения n ротора и числу пар $2p$ полюсов индуктора, т. е. $f = n2p$.

Рабочий процесс можно условно разделить на 4 стадии:

1 — «возбуждение». Создание магнитного потока ротора. Обмотка возбуждения ротора подключается к источнику постоянного напряжения. По обмотке потечет ток, который создает магнитный поток ротора. Этот поток замыкается через воздушный зазор и статор.

2 — «подведение первичной энергии». К валу генератора присоединяется первичный двигатель (двигатель внутреннего сгорания, паротурбина). Ротор приводится во вращение с требуемой частотой.

3 — «преобразование энергии». Вращающееся поле ротора пересекает обмотки статора. По закону электромагнитной индукции в проводниках обмотки статора индуцируются ЭДС. На статоре имеются 3 обмотки, сдвинутые на 120 электрических градусов. Т. о. на выходе генератора получается трехфазная система токов.

4 — «передача энергии нагрузке». К зажимам обмотки статора подключают трехфазную электрическую нагрузку. Под действием напряжения по обмотке статора протекает ток, который создает магнитный поток статора – поток реакции якоря. Этот поток вызывает тормозной электромагнитный момент и стремится снизить частоту вращения ротора. Первичный двигатель для восстановления вращения вынужден отдавать большую мощность генератору. Тем самым механическая энергия преобразуется в электрическую и передается нагрузке.

Регулирование напряжения на обмотке якоря СГ осуществляется путем изменения тока возбуждения, поскольку изменение частоты вращения ротора приведет к одновременному изменению частоты выходного напряжения СГ.

Ток нагрузки создает в обмотке якоря СГ дополнительное вращающееся электромагнитное поле, имеющее те же направление и частоту вращения, что и основное поле возбуждения, т. е. оба поля вращаются синхронно. При работе в автономном режиме выходное напряжение СГ зависит от значения и характера (емкостный, индуктивный, активный) нагрузки. При подключении к обмотке якоря СГ нагрузки активного и индуктивного характера увеличение тока нагрузки сопровождается снижением выходного напряжения. Нагрузка емкостного характера приводит к увеличению выходного напряжения СГ.

ГРУППА СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА

угловое смещение векторов линейных ЭДС обмоток среднего и низшего напряжений по отношению к векторам соответствующих ЭДС высшего напряжения.

При выполнении обмоток за основу берутся схемы соединения звезда и треугольник. Более редко используется схема зигзаг. Наиболее часто встречаются следующие комбинации: Y/Y, Y/Δ, Y/Z и Δ / Δ, Δ /Z, Δ /Y. Применяемая группа обозначается соответствующим номером. Под номером группы понимается время на часах, минутная стрелка которых совмещена с ЭДС обмотки высшего напряжения и установлена на цифре 0 (12), а часовая совмещена с одноименной ЭДС низшего напряжения. При этом в трехфазных трансформаторах о номере группы судят по углу между линейными ЭДС.

В обозначении трансформатора номер группы соединения указывается после обозначения схемы соединения его обмоток, например Y/Y-0, Y/ Δ-11 и т. д.

Номера групп соединения оговариваются соответствующим ГОСТ и включают 12 наименований: Y/Y-0(6), Δ / Δ -3(6), Δ /Z-0(6), Y/ Δ - 5(11); Δ /Y-5(11), Y/Z-5(11). Знание групп соединений особенно важно при включении трансформаторов на параллельную работу.

- Д -

ДВИГАТЕЛЬ АСИНХРОННЫЙ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

вращающаяся электрическая машина переменного тока, принцип работы которой основан на явлении электромагнитной индукции. В асинхронном двигателе электрическая энергия преобразуется в механическую путем подключения обмотки статора к сети переменного тока. При этом частота вращения ротора меньше частоты вращения электромагнитного поля. Обычно асинхронный двигатель называют также асинхронную машину, преобразующую электрическую энергию переменного тока, поступающего в обмотку статора, в механическую энергию вращающегося ротора.

Рабочий процесс асинхронного двигателя можно условно разделить на 4 стадии:

1 — «возбуждение» и *2* — «подведение первичной энергии» проходят одновременно. На трехфазную обмотку статора подается трехфазный переменный ток. Создается вращающееся электромагнитное поле статора. В короткозамкнутой обмотке ротора под действием вращающегося магнитного поля наводится ЭДС, вызывающая протекание токов в стержнях обмотки ротора двигателя. Эти токи создают собственное магнитное поле.

3 — «преобразование энергии». В результате взаимодействия магнитного поля ротора с магнитным полем статора в соответствии с законом Ленца возникает вращающий момент, стремящийся устранить причину, вызвавшую появление тока в короткозамкнутой обмотке ротора. Работоспособность двигателя поддерживается только в том случае, если частота вращения магнитного поля статора отличается от частоты вращения ротора, поскольку в этом случае обеспечивается взаимное перемещение магнитного поля статора относительно стержней обмотки ротора, а следовательно, и появление в них тока и вращающего момента. По этой причине рассматриваемые двигатели называются асинхронными.

4 — «передача энергии нагрузке». К валу двигателя подключается нагрузка, которая создает тормозной момент. Для преодоления этого тормозного момента двигатель потребляет из сети больший ток и восстанавливает частоту вращения.

Частота вращения ротора асинхронного двигателя прямо пропорциональна частоте напряжения питания, обратно пропорциональна числу пар полюсов обмотки статора и определяется из выражения

$$n = (1-s)60f / 2p,$$

где s — скольжение.

ДВИГАТЕЛЬ АСИНХРОННЫЙ КОНДЕНСАТОРНЫЙ

однофазный асинхронный двигатель со вспомогательной обмоткой на статоре, в цепь которой постоянно включена емкость.

В том случае, если развиваемый пусковой момент недостаточен для пуска двигателя (большой момент на валу), параллельно рабочему конденсатору на время пуска можно включать дополнительный пусковой конденсатор. После разгона асинхронного конденсаторного двигателя пусковой конденсатор отключается вручную или автоматически. Двигатели наиболее часто используются в бытовых приборах и машинах: стиральных машинах, пылесосах, насосах; их мощность не превышает 1,5 кВт.

ДВИГАТЕЛЬ ЛИНЕЙНЫЙ

разновидность асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, совершающим поступательное, а не вращательное движение.

Магнитная система статора линейного двигателя выполнена в виде шихтованного основания с пазами, в которых уложена трехфазная обмотка переменного тока. Напротив пазов, на некотором расстоянии от основания расположена вторая часть магнитной системы статора, служащая для замыкания магнитного потока. В образованном неподвижными частями магнитной системы статора зазоре перемещается ротор, выполненный из алюминиевой или медной детали. При подключении обмотки статора к трехфазному переменному току на указанную деталь действует механическая сила, направление которой зависит от последовательности чередования фаз питающей сети. При этом деталь перемещается влево и вправо. Скорость перемещения детали зависит от частоты напряжения питающей сети, числа полюсов обмотки статора и скольжения. Как и в асинхронном двигателе, реверс линейного двигателя осуществляется переключением двух фазных проводов питающей сети.

ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА (ДПТ)

машина постоянного тока, предназначенная для преобразования электрической энергии постоянного тока в механическую.

При подключении ДПТ к питающей сети постоянного тока через обмотки якоря и возбуждения протекает постоянный ток, создающий собственные магнитные потоки. В результате взаимодействия потоков образуется вращающий момент.

Рабочий процесс можно условно разделить на 4 стадии:

1 — «возбуждение». На обмотку возбуждения полюсов подключается постоянное напряжение. По обмотке потечет ток якоря, создающий магнитный поток, замыкающийся по магнитной цепи и воздушному зазору.

2 — «подведение первичной энергии». На обмотку якоря подводится постоянное напряжение. По обмотке якоря потечет ток.

3 — «преобразование энергии». По закону Ампера на проводники с током, помещенные в магнитное поле действует электромагнитная выталкивающая сила. Якорь начинает вращаться с частотой n . Также в проводниках якоря, вращаю-

щихся в магнитном поле, наводится ЭДС. Эта ЭДС направлена против тока и называется противо-ЭДС.

4 — «подключение нагрузки». К валу двигателя подключают механическую нагрузку, которая создает тормозной момент. Вал двигателя замедляет вращение, что уменьшает противо-ЭДС. Нарушается электрическое равновесие $U=E$. Для его восстановления из сети потребляется больший ток, который увеличивает частоту вращения и противо-ЭДС.

Регулирование частоты вращения ДПТ осуществляется путем изменения напряжения питания, тока в обмотке якоря или возбуждения. При включении неподвижного ДПТ на полное напряжение питания возникает большой пусковой ток, поскольку в этом случае противо-ЭДС равна нулю и ток якорной цепи ограничивается ее незначительным сопротивлением. При этом происходит интенсивный нагрев обмотки якоря и снижение напряжения питающей сети. При напряжении питания 220 В и мощности более 0,7 кВт используется реостатный запуск ДПТ.

Рабочие характеристики ДПТ в значительной степени определяются способом его возбуждения – электромагнитное возбуждение или возбуждение от постоянных магнитов, а также схемой включения обмотки возбуждения относительно обмотки якоря (параллельное, независимое, последовательное и смешанное возбуждение).

ДВИГАТЕЛЬ СИНХРОННЫЙ (СД)

синхронная машина, предназначенная для преобразования электрической энергии в механическую.

Рабочий процесс можно разбить на 4 стадии:

1 — «возбуждение». На обмотку возбуждения ротора подается постоянный ток. Создается магнитный поток ротора.

2 — «подведение первичной энергии». К трехфазной обмотке статора подводится трехфазный переменный ток и создается вращающееся электромагнитное поле. Также ротор-индуктор раскручивается первичным двигателем в сторону вращения трехфазного вращающегося поля.

Синхронный двигатель не может запуститься самостоятельно, поскольку вращающееся трехфазное электромагнитное поле, созданное обмоткой якоря, не в состоянии увлечь за собой ротор, обладающий значительным моментом инерции. На роторе отсутствуют замкнутые обмотки (как в асинхронном двигателе), токи которых через созданное ими магнитное поле создают вращающий момент. При разгоне индуктора (от постороннего двигателя или раскручивания вручную) двигатель может разогнаться до подсинхронной частоты вращения с последующим втягиванием в синхронизм.

3 — «преобразование энергии». Магнитное поле ротора и трехфазное вращающееся электромагнитное поле сцепляются упругой синхронизирующей связью.

Возникает электромагнитный синхронный момент. Ротор вращается синхронно с вращающимся магнитным полем статора.

4 — «передача энергии нагрузке». Нагрузка создает тормозной момент и для его компенсации двигатель из сети потребляет дополнительную мощность. Таким образом, электрическая энергия преобразуется в механическую.

Частота вращения двигателя прямо пропорциональна частоте f питающего напряжения и обратно пропорциональна числу пар $2p$ полюсов, т. е. $n = f/2p$.

Регулирование частоты вращения СД возможно только путем изменения частоты напряжения переменного тока, поскольку частота вращения двигателя

- 3 -

ЗАКОН КИРХГОФА (ВТОРОЙ)

устанавливает взаимосвязь между падением напряжения и ЭДС для замкнутого контура.

Алгебраическая сумма падений напряжения в любом замкнутом контуре равняется алгебраической сумме ЭДС вдоль того же контура.

Алгебраическая сумма падений напряжений и ЭДС в замкнутом контуре также равна нулю.

ЗАКОН КИРХГОФА (ПЕРВЫЙ)

устанавливает взаимосвязь между токами отдельного узла. Согласно этому закону — сумма токов всех ветвей, сходящихся в одном узле, равна нулю, т. е. сумма токов, входящих в узел, равна сумме токов, выходящих из этого узла.

ЗАКОН ЛЕНЦА

при всяком изменении магнитного потока, сцепляющегося с каким-либо приводящим контуром, в последнем возникают силы электрического и механического характеров, стремящиеся сохранить постоянство магнитного потока.

При изменении магнитного потока, пронизывающего проводящий контур, в последнем наводится противо-ЭДС, вызывающая протекание тока в этом контуре. Этот ток направлен таким образом, что при увеличении магнитного потока создаваемый им собственный поток направлен встречно внешнему магнитному потоку, а при уменьшении внешнего магнитного потока — наоборот, т.е. в обоих случаях ток в контуре стремится поддержать значение потока неизменным.

Закон назван в честь русского академика Э. Х. Ленца (1804-1865).

ЗАКОН ОМА

устанавливает взаимосвязь между током, текущим по проводнику, приложенным к нему напряжением и сопротивлением проводника.

Закон Ома для участка цепи, не содержащего источник ЭДС — ток, протекающий по проводнику прямо пропорционален напряжению U и обратно пропорционален сопротивлению проводника R : $I = U/R$.

Закон Ома для участка цепи, содержащего источник ЭДС — ток, протекающий по участку цепи равен отношению суммы напряжения на участке цепи и ЭДС на этом участке к сопротивлению данного участка R :

$$I = (U + E)/R.$$

ЗАКОН ПОЛНОГО ТОКА

устанавливает взаимосвязь энергии электромагнитного поля и энергии токов, его вызывающих.

Для любого замкнутого контура потокосцепление определяется суммой токов, участвующих в создании электромагнитного поля, силовые линии которого пронизывает указанный контур.

Для катушки с током I и числом витков W потокосцепление F будет: $F = IW$.

ЗАКОН ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИЛЫ (ЗАКОН АМПЕРА)

устанавливает взаимосвязь электромагнитной вращающей силой и током, ее вызвавшим.

Закон — если проводник, длиной L , по которому протекает электрический ток I , поместить в магнитное поле с индукцией B перпендикулярно магнитным силовым линиям, то на проводник будет действовать выталкивающая (электромагнитная) сила F : $F = LBI$

- И -

ИЗМЕНЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

изменение напряжения на вторичной обмотке трансформатора, обусловленное током нагрузки. При изменении нагрузки напряжение на вторичной обмотке меняется вследствие изменения падения напряжения на активном и индуктивном сопротивлениях обмоток.

ИНДУКТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

неподвижная часть машины постоянного тока или синхронной машины обращенного (с внешними полюсами) исполнения.

Индуктор содержит станину цилиндрической формы, выполненную из стального листа или отливается из чугуна. В станине расположено ярмо с главными и дополнительными полюсами. На этих полюсах расположены соответственно сосредоточенные обмотки возбуждения и компенсационная обмотка. Полюсы индуктора выполняются массивными или шихтованными. На торце главных полюсов закрепляется полюсный башмак, профиль которого способствует улучшению формы МДС в воздушном зазоре с целью исключения из нее высших гармонических составляющих. Полюсные башмаки всегда выполняются шихтованными, поскольку они находятся в переменном магнитном поле. Остальные части магнитопровода индуктора могут быть массивными. В полюсных башмаках главных полюсов синхронной машины имеются пазы, в которых расположены стержни демпферной обмотки. В эти же пазы у машины постоянного тока укладывается компенсационная обмотка. На корпусе индук-

тора расположены приспособления для центровки ротора и снятия подшипников с вала, а также клеммная коробка для подключения обмоток якоря и возбуждения.

- К -

КОЛЛЕКТОРНАЯ МАШИНА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

коллекторная машина, предназначенная для включения в сеть переменного тока. Обычно эти машины выполняются как однофазными, так и многофазными и по своим регулировочным характеристикам близки к электродвигателям постоянного тока, т.е. обеспечивают плавное регулирование частоты вращения в сравнительно большом диапазоне при малых потерях мощности.

Первая коллекторная машина была создана Томсоном уже в 1883 г. (репульсионный двигатель). В 1890 г. Дери усовершенствовал этот двигатель, но только с 1923 г. началось широкое использование трехфазных коллекторных машин в различных отраслях промышленности. В связи с интенсивным развитием силовой полупроводниковой техники коллекторные машины переменного тока в настоящее время потеряли свое значение и используются весьма редко.

КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА

режим работы трансформатора при питании хотя бы одной из обмоток от источника переменного тока при КЗ на зажимах одной из обмоток.

При внезапном КЗ вторичной обмотки трансформатора в ней возникает ударный ток КЗ, который по истечении некоторого времени снижается до значения установившегося тока КЗ. Амплитуда ударного тока КЗ может в 1,5–2,5 раза превышать амплитуду установившегося тока КЗ. При этом в обмотках трансформатора возникают значительные механические напряжения, обусловленные электродинамическим действием тока КЗ. Возникающие силы действуют в направлении, перпендикулярном направлению потоков рассеяния обмоток, прижимая нижнюю обмотку к стержню магнитной системы и отталкивая верхнюю обмотку от лежащей под ней обмотки. Одновременно на обмотки действуют механические усилия в аксиальном направлении.

Амплитудное значение установившегося тока КЗ ограничивается внутренним сопротивлением трансформатора, которое образуется из активного сопротивления и индуктивного сопротивления рассеяния обмоток и оценивается через напряжение КЗ u_k . При номинальном токе I значение установившегося тока КЗ можно определить из выражения

$$I_k = I \times 100 / u_k.$$

В трансформаторах с малым значением напряжения КЗ установившийся ток КЗ в 20–25 раз превышает номинальный ток. При этом происходит сильный нагрев обмоток трансформатора.

За счет увеличения потоков рассеяния можно увеличить напряжение КЗ и тем самым снизить значение тока КЗ. Этот прием используется в сварочных трансформаторах, работающих в режиме КЗ.

КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ (КПД)

расчетный параметр, характеризующий полноту преобразования электрической энергии в другие виды энергии и обратного преобразования.

Условное обозначение — η : $\eta = P_{ном}/P_o$,

где $P_{ном}$ — номинальная (используемая) мощность; P_o — полная (подведенная) мощность.

При преобразовании электрической энергии в другие виды энергии часть исходной электрической энергии выделяется в виде потерь и утрачивается безвозвратно, в результате чего получаемая после преобразования мощность несколько меньше мощности, подаваемой на вход преобразователя.

КОЭФФИЦИЕНТ ТРАНСФОРМАЦИИ

расчетный параметр, равный отношению ЭДС первичной и вторичной обмоток трансформатора, витков первичной и прочих обмоток трансформатора или напряжений на этих обмотках. Например, при напряжении на первичной обмотке 20 кВ и на вторичной обмотке 0,4 кВ коэффициент трансформации равен 50.

$$k = E_1/E_2 = W_1/W_2 = U_1/U_2.$$

- М -

МАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Это величина, равная отношению силы, действующей в магнитном поле на единицу длины проводника, перпендикулярного направлению поля, к силе тока в проводнике. Магнитная индукция характеризует степень ориентации элементарных магнитов {доменов} ферромагнитного вещества относительно силовых линий внешнего магнитного поля.

МАГНИТНАЯ СВЯЗЬ

Две катушки имеют магнитную связь, если созданный протекающим через одну из них током магнитный поток Φ_1 пронизывает все или часть витков другой катушки. В этом случае магнитный поток Φ_1 будет равен сумме значений магнитного потока Φ_2 , пронизывающего вторую катушку, и потока рассеяния Φ_s , не охватывающего витки второй катушки, т.е. $\Phi_1 = \Phi_2 + \Phi_s$. Тогда коэффициент магнитной связи $k_{мс}$ можно определить через отношение $k_{мс} = \Phi_2/\Phi_1$ и тем самым оценить значение потока рассеяния. Если катушки расположены на общем или разных сердечниках одной магнитной системы, то $k_{мс} \sim 1$, в остальных случаях $k_{мс} < 1$.

МАГНИТНАЯ СИСТЕМА ТРАНСФОРМАТОРА

элемент конструкции трансформатора, предназначенный для создания магнитной связи между его обмотками.

Обычно магнитная система выполняется из тонких пластин электротехнической стали, которые стягиваются в плотный пакет. Части системы, на которых располагаются обмотки, называются стержнями, остальные части называются ярами. Различают верхние и нижние яра. Геометрия пластин системы определяется характером стыка стержня с яром.

Однофазные трансформаторы имеют двухстержневые или броневые магнитные системы, трехфазные трансформаторы – трехстержневые системы. В отдельных случаях используются пятистержневые системы. В маломощных трансформаторах используются ленточные и кольцевые магнитные системы.

МАГНИТНАЯ СИСТЕМА ТРАНСФОРМАТОРА БРОНЕВАЯ

магнитная система, в которой оба конца каждого стержня соединяются не менее чем двумя боковыми ярами.

МАГНИТНАЯ СИСТЕМА ТРАНСФОРМАТОРА БРОНЕСТЕРЖНЕВАЯ

магнитная система трансформатора, в которой часть стержней имеет боковые яра или каждый стержень – не более чем одно боковое яро. Система используется при изготовлении трехфазных трансформаторов. Она имеет три стержня, на которых расположены первичная и вторичная фазные обмотки. Концы двух крайних стержней соединены боковыми ярами, расположенными параллельно стержням и не несущим обмоток. Бронестержневые магнитные системы применяются в мощных трансформаторах. Их преимущество заключается в том, что сечение верхних ярм примерно на 60 % меньше, чем стержневых магнитных систем, что позволяет уменьшить высоту магнитной системы.

МАГНИТНАЯ СИСТЕМА ТРАНСФОРМАТОРА ШИХТОВАННАЯ

магнитная система трансформатора, в которой стержни и яра с плоской шихтовкой собираются в переплет как цельная конструкция.

Из-за периодического перемагничивания магнитной системы трансформатора с частотой напряжения питания происходит колебание отдельных пластин, что приводит к гудению трансформатора. Для снижения создаваемого им звука необходимо обеспечивать усилие, прижимающее пластины друг к другу, значением не менее 50-80 Н/см². В зависимости от размера магнитной системы в качестве крепежных элементов, стягивающих пакет магнитной системы, используются шпильки, хомуты, ленты и т.п. Превышение указанного усилия недопустимо, поскольку оно может привести к закорачиванию пластин. В маломощных трансформаторах роль крепежного элемента выполняет каркас обмотки.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ РАССЕЙЯНИЯ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА

часть магнитного поля трансформатора, созданная той частью магнитодвижущих сил всех основных обмоток, геометрическая сумма векторов которых в каждой фазе обмоток равна нулю.

Причина возникновения потоков рассеяния заключается в том, что способностью проводить магнитное поле обладают практически все материалы и вещества, в том числе и воздух. Поэтому часть силовых линий магнитного поля, созданного обмоткой с током, замыкается через воздух, ярмо и стержень магнитной системы, т. е. полезный магнитный поток, проходящий через элементы магнитной системы, всегда меньше полного магнитного потока, созданного обмоткой с током. При увеличении магнитного сопротивления стали, например, в результате ее насыщения потоки рассеяния увеличиваются.

МАГНИТОДВИЖУЩАЯ СИЛА (МДС)

величина, характеризующая намагничивающие действия электрического тока и равная циркуляции напряженности магнитного поля вдоль замкнутого контура.

Условное обозначение – F , единица измерения – ампер (А):

$$F = Iw,$$

где I – сила тока катушки; w – число витков катушки.

Таким образом, МДС катушки с током I и числом витков w равна произведению указанных величин.

- Н -

НАГРУЗКА ЕМКОСТНАЯ

составляющая полной нагрузки электрической машины переменного тока, участвующая в создании электромагнитного поля.

При емкостной нагрузке ток опережает по фазе ЭДС, а угол сдвига между ними определяет соотношение активной и емкостной нагрузок; емкостная нагрузка определяется электрической емкостью потребителей и эквивалентной емкостью, образованной проводами питающей сети и витками обмотки электрической машины. Указанная суммарная емкость вместе с индуктивностью обмотки образует электрический колебательный контур, возбуждение которого приводит к увеличению напряжения на зажимах электрической машины. В результате электрический генератор с емкостной нагрузкой имеет на зажимах напряжение, превышающее по значению напряжение ненагруженного генератора. Обычно емкостная нагрузка не участвует в создании вращающего или тормозного момента, а повышает его нагрузку по току. Возникающие в обмотке дополнительные тепловые потери компенсируются за счет мощности первичного двигателя, приводящего во вращение ротор генератора.

НАГРУЗКА ИНДУКТИВНАЯ

составляющая полной нагрузки электрической машины переменного тока, участвующая в создании электромагнитного поля. Соотношение активной и индуктивной нагрузок электрической машины зависит от угла фазового сдвига между током и ЭДС, причем ЭДС опережает ток по фазе. Индуктивная нагрузка оказывает размагничивающее действие на основной магнитный поток электрической машины, вследствие чего напряжение на ее зажимах имеет меньшее значение, чем при работе в режиме холостого хода. При работе электрической машины в режиме генератора индуктивная нагрузка дополнительно нагружает ее по току, не вызывая при этом заметного увеличения момента на валу. Первичный двигатель, вращающий ротор генератора, помимо компенсации электрических и механических потерь в машине компенсирует тепловые потери, обусловленные протеканием реактивного тока в обмотках генератора.

НЕЗАВИСИМОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ

один из способов электромагнитного возбуждения электрических машин, согласно которому энергия в обмотку возбуждения подается от постороннего источника постоянного тока, не имеющего гальванической связи с главной цепью возбуждаемой электрической машины.

- П -

ОБМОТКА ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

обмотка трансформатора с максимальным значением напряжения. Такая обмотка может быть первичной и вторичной и обозначается прописными буквами алфавита, например, A, B, C — начало, X, Y, Z — конец обмотки.

ОБМОТКА ТРАНСФОРМАТОРА ВТОРИЧНАЯ

обмотка трансформатора, от которой отводится энергия преобразованного переменного тока. Вторичная обмотка может быть обмоткой высшего и низшего напряжения соответственно в повышающем и понижающем трансформаторах.

Все обозначения и параметры, относящиеся к вторичной обмотке, записываются с индексом 2, например i_2, w_2, R_2, U_2 , где i_2 — ток; w_2 — количество витков; R_2 — активное сопротивление; U_2 — напряжение.

ОБМОТКА ТРАНСФОРМАТОРА ПЕРВИЧНАЯ

обмотка трансформатора, к которой подводится энергия преобразуемого переменного тока. Первичная обмотка для питающей сети является потребителем и может быть обмоткой высшего или низшего напряжения соответственно для понижающего или повышающего трансформаторов.

При проведении расчетов трансформатора все параметры и величины, относящиеся к первичной обмотке, записываются с индексом 1, например R_1, x_1 — активное и индуктивное сопротивления, U_1, I_1 — напряжение и ток.

ОБМОТКА ТРАНСФОРМАТОРА ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ

обмотка трансформатора, витки которой из одно- или многожильного провода укладываются на каркасе в ряд друг за другом: первичная обмотка расположена под вторичной и имеет форму цилиндрической катушки.

В цилиндрической обмотке витки расположены послойно и в радиальном направлении, вследствие чего длина витка предыдущего слоя меньше длины витка последующего, внешнего слоя. Между первичной и вторичной обмотками располагается слой усиленной изоляции. Для повышения равномерности распределения потенциала по цилиндрической обмотке трансформатора целесообразно обмотку низшего напряжения располагать внизу, на стержне магнитной системы.

ОБМОТКА ЯКОРЯ БАРАБАННАЯ

обмотка якоря коллекторных машин постоянного и переменного тока, уложенная в пазах шихтованного магнитопровода цилиндрической формы.

Выводы обмотки в зависимости от типа и конструкции электрической машины присоединяются к пластинам коллектора, к контактными кольцам или соединены по схеме волновой обмотки. В отличие от кольцевой в барабанной обмотке используются обе стороны катушки обмотки.

ОБМОТКА ЯКОРЯ ПРОСТАЯ ВОЛНОВАЯ

обмотка якоря коллекторной машины, катушки которой через расстояния, равные двойному полюсному делению, присоединяются к коллекторным пластинам. Различают право- и левоходовые, а также одно- и двухслойные волновые обмотки.

ОБМОТКА ЯКОРЯ ПРОСТАЯ ПЕТЛЕВАЯ

обмотка якоря коллекторной машины, у которой концы каждой секции присоединены к двум рядом лежащим коллекторным пластинам.

ОДНОФАЗНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, на статоре которого расположены основная и вспомогательная обмотки, смещенные относительно точки статора на 90° .

Вспомогательная обмотка предназначена для создания фазового сдвига напряжений основной и вспомогательной обмоток, в результате чего образуется эллиптическое вращающееся поле. Параллельно основной обмотке включена вспомогательная обмотка, в цепь которой постоянно или на время пуска включается пусковой конденсатор (конденсаторный асинхронный двигатель). Для реверса однофазного асинхронного двигателя необходимо поменять местами выводы вспомогательной обмотки.

ОСНОВНОЙ РЯД

ряд мощностей трехфазных трансформаторов, нагрузка каждого из которых изменяется в ограниченном диапазоне. Накладываемые на трансформаторы ограничения по изменению нагрузки продиктованы стремлением поддерживать максимальный КПД, имеющий наибольшее значение при изменении нагрузки в пределах $(0,5-1,0) S_{ном}$. Основной ряд представлен следующими значениями мощности: 5, 10, 20, 30, 50 и 100 кВА при напряжении на стороне высокого напряжения 10, 15 и 20 кВ. Помимо указанных мощностей изготавливаются также трансформаторы на специальный ряд мощностей 5; 20; 15; 25; 37,5; 50 кВА при тех же значениях напряжения на стороне высокого напряжения. Эти трансформаторы допускают значительную перегрузку и могут длительно работать в режиме, близком к холостому ходу.

- Р -

РЕАКЦИЯ ЯКОРЯ

воздействие намагничивающей силы обмотки якоря на поле электрической вращающейся машины, созданное обмоткой возбуждения или постоянными магнитами.

Реакция якоря в машинах постоянного тока. Создаваемый главными полюсами магнитный поток ненагруженной машины постоянного тока расположен симметрично относительно указанных полюсов. При протекании тока нагрузки в обмотке якоря создается собственный магнитный поток, направленный перпендикулярно потоку возбуждения и не зависящий от направления вращения ротора. Следствием взаимодействия указанных потоков является результирующий поток, ось геометрической нейтрали которого смещена на некоторый угол относительно оси геометрической нейтрали ненагруженной машины.

В результате происходит изменение потока возбуждения машины.

Обычно РЯ приводит также к искрению под щетками и к снижению ЭДС, наводимой в обмотке якоря. Для устранения этих эффектов используется компенсационная обмотка, укладываемая в пазы главных полюсов или расположенная наддополнительных полюсах.

Реакция якоря в синхронных машинах. В синхронных машинах поток возбуждения создается обмоткой, по которой протекает постоянный ток. В обмотке якоря при вращении ротора наводится ЭДС и током нагрузки создается собственное вращающееся магнитное поле. По своему действию на поток возбуждения вращающееся магнитное поле синхронной машины эквивалентно потоку, создаваемому обмоткой якоря машины постоянного тока.

Направление вращения магнитного поля, созданного обмоткой якоря синхронной машины, зависит от последовательности чередования фаз обмотки. Фазовый угол сдвига между напряжением и током обмотки якоря определяет угловое смещение между потоками возбуждения и якоря. При индуктивном характере

нагрузки реакция якоря оказывает размагничивающее действие, при емкостном характере – подмагничивающее. Указанный эффект прежде всего проявляется в синхронной машине, работающей в режиме генератора. В этом случае напряжение на зажимах генератора определяется не только значением, но и характером нагрузки.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ

процесс заданного изменения частоты вращения двигателя при неизменной нагрузке.

Регулирование частоты осуществляют:

- для асинхронных двигателей — путем изменения скольжения, частоты и амплитуды напряжения питания при переключении числа полюсов;
- для двигателей постоянного тока — путем изменения значения напряжения питания (например с помощью тиристорov), значения тока возбуждения(с помощью регулятора возбуждения) или включением добавочных резисторов в цепь обмотки якоря по последовательной или параллельной схеме;
- для трехфазных коллекторных двигателей переменного тока и репульсионных двигателей — путем смещения щеток оператором или автоматическим устройством;
- для однофазных коллекторных двигателей переменного тока большой мощности — с помощью регулировочного трансформатора, малой мощности — с помощью резисторов.

РЕЖИМ НАГРУЗКИ ГЕНЕРАТОРА

установившееся электрическое магнитное и тепловое состояние генератора, при котором получаемая в нем электрическая энергия отдается электропотребителям.

Сопротивление потребителей определяет уровень загрузки и значение тока генератора. Под действием тока нагрузки на обмотке генератора возникает падение напряжения, приводящее к снижению выходного напряжения относительно напряжения ненагруженного генератора. Протекающий через генератор ток создает тормозной момент, который преодолевается механически соединенным с ним первичным двигателем.

РЕЖИМ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

режим работы электродвигателя, в котором механическая энергия с его вала передается на вал производственного механизма электропривода.

При нормальном режиме работы электродвигатель на любой частоте вращения должен создавать момент, равный моменту нагрузки или превышающий его. На практике почти все электродвигатели обладают способностью саморегулирования, в соответствии с которой увеличение нагрузки электродвигателя сопровождается снижением частоты вращения и соответствующим —

увеличением развиваемого им момента. В результате после окончания переходного процесса наступает равновесие между моментом электродвигателя и моментом нагрузки при новом значении частоты вращения. Вышесказанное не относится к синхронным электродвигателям, частота вращения которых при изменении нагрузки практически не меняется.

РОТОР КОРОТКОЗАМКНУТЫЙ

ротор асинхронного электродвигателя. Конструкция обмотки представляет собой “беличью клетку“, т.е. в каждом пазу ротора находится медными или алюминиевыми же кольцами, которые замыкают стержни накоротко.

РОТОР НЕЯВНОПОЛЮСНЫЙ

ротор трехфазного синхронного генератора, на поверхности которого расположена распределенная обмотка возбуждения.

Генератор с неявнополюсным ротором приводится во вращение от турбины с высокой частотой вращения. На валу генератора установлен массивный ротор из магнитномягкой стали, на поверхности которого расположены аксиальные пазы. В эти пазы укладывается обмотка возбуждения, выводы которой присоединены к контактными кольцам. При укладке обмотки в пазы особое внимание следует уделять ее механической прочности, поскольку при вращении ротора на нее действует центробежная сила.

РОТОР ФАЗНЫЙ

ротор асинхронной машины, содержащий разомкнутую обмотку, предназначенную для подключения внешней цепи.

Асинхронные двигатели с фазным ротором используются в тех случаях, когда необходимо ограничить пусковой ток и получить большой пусковой момент. Обмотка фазного ротора соединяется с пусковым реостатом посредством контактных колец и щеток. При этом пусковой реостат может содержать в каждой фазе резисторы с одинаковым или различным значением сопротивления. При пуске двигателей большой мощности используются жидкостные реостаты. Запуск асинхронного двигателя производится путем последовательного закорачивания секций пускового реостата до полного закорачивания обмотки ротора.

РОТОР ЯВНОПОЛЮСНЫЙ

вращающийся индуктор трехфазной синхронной машины с сосредоточенной обмоткой возбуждения.

В конструктивном отношении явнополюсные роторы отличаются многообразием. Наиболее распространен ротор, состоящий из магнитопровода, выполненного из ферромагнитного материала сплошным или набранным из отдельных пластин. Обод ротора выполнен массивным из стальной поковки и насажен на вал. На поверхности магнитопровода, со стороны воздушного зазора, закреплены полюсы с полюсными башмаками. Ввиду того что магнитный поток, создаваемый обмоткой якоря, изменяется во времени и пространстве,

взаимодействуя с магнитопроводом ротора, последний и изготавливается шихтованным. Это позволяет снизить потери на вихревые токи. На полюсных башмаках имеются пазы, в которые укладывается или заливается демпферная обмотка, стержни которой закорочены посредством колец. Обмотка возбуждения выполнена в виде цилиндрических катушек, надеваемых на полюс, на который затем устанавливаются полюсные башмаки. Постоянный ток на вращающуюся обмотку возбуждения подается через пару контактных колец со щетками. На транспортных средствах широко используются бесконтактные синхронные машины, возбуждение которых осуществляется от собственного возбудителя, вращающегося вместе с явнополюсным ротором. В качестве возбудителя используется синхронный генератор с внешними полюсами (обращенной конструкции), обмотка якоря которого подключена к обмотке возбуждения основного генератора через выпрямитель. Индуктор синхронной машины обычного (не обращенного) исполнения, имеющий ярмо, по окружности которого расположены полюсы, на которых крепится сосредоточенная обмотка возбуждения. На торцах полюсов закрепляются полюсные башмаки, удерживающие обмотку на сердечнике и формирующие МДС синусоидальной формы в воздушном зазоре. Ввиду возникновения в полюсах значительных механических напряжений, обусловленных вращением ротора, машины с явновыраженными полюсами используются на частотах вращения не выше 1500 об/мин. По этой причине их также называют гидрогенераторами.

- С -

САМОВОЗБУЖДЕНИЕ

разновидность электромагнитного возбуждения электрического генератора, в котором генератор сам производит энергию, необходимую для его возбуждения.

Мощность возбуждения составляет, как правило, 2–5 % мощности электрической машины. Принцип самовозбуждения основан на использовании остаточного намагничивания главных полюсов, благодаря чему при вращении ротора в обмотке якоря наводится ЭДС. Если напряжение с обмотки якоря подать на обмотку возбуждения, то произойдет дополнительное увеличение потока возбуждения, а, следовательно, увеличится напряжение на зажимах обмотки якоря, вплоть до номинального значения напряжения. Этот принцип саморегулирования впервые был обнаружен в 1886 г. Вернером Сименсом и широко используется в современных крупных машинах.

Для питания обмотки возбуждения от обмотки якоря необходимо использовать контактные кольца. В зависимости от схемы включения обмотки возбуждения относительно обмотки якоря различают схемы с последовательным, параллельным и смешанным возбуждением.

После начала самовозбуждения возникающий в обмотке самовозбуждения ток производит дополнительное подмагничивание полюсов, что ускоряет процесс

самовозбуждения машины. В случае неправильного включения обмотки возбуждения протекающий по ней в начале самовозбуждения ток приведет к размагничиванию полюсов, т.е. к снятию их остаточного намагничивания, вследствие чего генератор не может возбуждаться. Для приведения его в рабочее состояние необходимо намагнитить полюсы от внешнего источника постоянного тока.

САМОИНДУКЦИЯ

электромагнитная индукция, вызванная изменением сцепляющегося с контуром магнитного потока, обусловленного электрическим током в этом контуре.

При подключении катушки к источнику питания через нее начинает протекать электрический ток, создающий магнитный поток, сцепляющийся с витками катушки. При изменении тока, а следовательно, и потока в контуре наводится ЭДС самоиндукции, препятствующая изменению тока в контуре. Таким образом, ЭДС самоиндукции всегда направлена навстречу протекающему току и имеет знак минус:

$$E = - L di/dt.$$

жестко связана с частотой напряжения и не зависит от значения нагрузки.

СКОЛЬЖЕНИЕ

отношение между частотой вращения магнитного поля и частотой вращения ротора машины переменного тока к частоте вращения магнитного поля.

Условное обозначение – S :

$$S = (w_o - w)/w_o,$$

где w_o — частота вращения магнитного поля; w — частота вращения ротора.

У асинхронных двигателей скольжение составляет 3–8 % частоты вращения магнитного поля.

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЗВЕЗДА

схема соединения трехфазных обмоток генераторов, трансформаторов, двигателей, а также резисторов, конденсаторов и т.д., в которой одни выводы обмоток указанных электрических машин и элементов электрической цепи объединены, а другие пофазно подключены к питающей сети.

Фазным напряжением является напряжение между линейным и нулевым проводами, линейным – напряжение между двумя линейными проводами. Линейное напряжение в 3 раз больше фазного, т.е. $U_L = 3U_\phi$. Наиболее распространенными являются фазное напряжение 220 В и линейное 380 В.

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЗИГЗАГ

специальная группа соединения обмоток трансформатора.

При данной схеме соединения каждая фазная обмотка расположена на двух стержнях магнитной системы трехфазного трансформатора, т. е. фазная обмот-

ка состоит из двух соединенных последовательно катушек, расположенных на разных стержнях. В этой схеме количество витков на 15 % больше, чем в обычной схеме звезда при том же значении напряжения вторичной обмотки.

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ТРЕУГОЛЬНИК

схема соединения фазных обмоток трехфазных электрических машин (генераторов, двигателей, трансформаторов) и электропотребителей переменного тока, в которой начало одной фазной обмотки соединено с концом другой фазной обмотки.

Фазные обмотки трехфазного генератора подключаются к трехфазной питающей сети при помощи трех проводов А, В, С. Между ними имеется линейное напряжение U_{AB} , под действием которого во внешней электрической цепи протекает линейный ток I_{AB} . В схеме соединения треугольник фазное напряжение равно линейному, а фазный ток в 3 раз меньше линейного.

- Т -

ТРАНСФОРМАТОР

это статический электромагнитный аппарат, предназначенный для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения той же частоты.

Рабочий процесс трансформатора можно условно разделить на 4 стадии:

1 — *возбуждение* — создание потока. Первичная обмотка трансформатора подключается к сети с синусоидальным напряжением U_1 , которое вызывает ток I_1 . Этот ток создает синусоидально изменяющийся магнитный поток Φ , замыкающийся по сердечнику.

2 — *создание ЭДС*. Под действием потока Φ , индуцируются ЭДС: в первичной обмотке будет наводиться ЭДС самоиндукции E_1 , во вторичной — ЭДС взаимной индукции E_2 ; значения E_1 и E_2 определяются числами витков соответствующих обмоток.

Таким образом, согласно второму закону Кирхгофа, для первичной обмотки: $U_1 = -E_1 + I_0 z_1$, т. е. ЭДС E_1 , наведенная в первичной обмотке, совместно с падением напряжения на ее сопротивлении $I_0 z_1$ уравнивает подводимое к этой обмотке напряжение сети U_1 .

Аналогично для вторичной обмотки: $U_2 = E_2$.

3 — *подключение нагрузки*. Ко вторичной обмотке подключается электрическая нагрузка; под действием напряжения по ней и по вторичной обмотке потечет ток I_2 .

4 — *электропреобразование*. Намагничивающая сила вторичной обмотки, обусловленная током I_2 , направлена встречно намагничивающей силе первичной обмотки и, следовательно, стремится уменьшить созданный этой намагничивающей силой поток Φ . Однако в действительности заметного изменения

магнитного потока не происходит, так как для поддержания электрического равновесия между U_1 и E_1 одновременно с появлением тока во вторичной обмотке в первичной обмотке возникает дополнительный ток, который компенсирует размагничивающее действие тока I_2 и поддерживает магнитный поток постоянным, чем обеспечивается равновесие между ЭДС E_1 , наведенной в первичной обмотке, и напряжением сети U_1 .

ТРАНСФОРМАТОР ГРУППОВОЙ ИЛИ ТРЕХФАЗНАЯ ТРАНСФОРМАТОРНАЯ ГРУППА

три однофазных трансформатора, обмотки которых соединяются по схеме звезды или треугольника и служащий для трансформации переменного тока.

ТРАНСФОРМАТОР СВАРОЧНЫЙ

трансформатор специального исполнения, предназначенный для электродуговой сварки и имеющий специальную нагрузочную характеристику, благодаря которой при снижении напряжения вторичной обмотки и возникновении электрической дуги между электродами ток в межэлектродном промежутке увеличивается по мере увеличения расстояния между электродами. В режиме холостого хода напряжение вторичной обмотки составляет 60–80 В. При токе нагрузки 100–500 А напряжение вторичной обмотки падает до 15–35 В. Сварочные трансформаторы изготавливаются с большой индуктивностью рассеяния, что позволяет ограничить ток короткого замыкания. Регулирование напряжения вторичной обмотки осуществляется изменением длины воздушного зазора в магнитной системе либо изменением взаимного положения первичной и вторичной обмоток.

ТРАНСФОРМАТОР СИЛОВОЙ

трансформатор, предназначенный для преобразования электрической энергии в электрических сетях и установках, предназначенный для приема и использования электрической энергии.

Трансформатор выполняется трехфазным с напряжением первичной обмотки 30, 20, и 15 кВ и напряжением вторичной обмотки 0, 4 кВ, причем первичная обмотка всегда является обмоткой высокого напряжения.

При мощности от 100 до 1600 кВА силовой трансформатор устанавливается на трансформаторной подстанции. Для компенсации колебания напряжения на вторичной обмотке используется переключатель отпаяк. В виду того, что вероятность несимметричной загрузки трансформатора остается весьма высокой рекомендуется использовать группы соединения обмоток $\square \Delta/Y-5$ и $Y/Z-5$.

ТРЕХФАЗНОЕ ПЕРЕМЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

многофазное переменное напряжение, образованное системой из трех однофазных синусоидальных напряжений с одинаковыми частотами и действующими значениями напряжений и с относительным фазовым сдвигом в 120.

Трехфазное напряжение может быть образовано тремя отдельными источниками однофазного переменного напряжения. При этом благодаря взаимному сдвигу фаз указанных напряжений в 120 их сумма в любой момент времени равна нулю. Это свойство трехфазного напряжения с учетом количества фазных проводов используется при соединении фазных обмоток генераторов переменного тока по схемам звезда и треугольник. Указанные схемы соединения не пригодны для многофазных систем переменного тока с числом фаз более трех, что приводит к увеличению массы и количества проводов распределительной сети.

ТУРБОГЕНЕРАТОР

синхронный генератор, предназначенный для привода от паровой или газовой турбины.

- У -

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОЛЛЕКТОРНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ (УКД)

однофазный коллекторный двигатель переменного тока последовательного возбуждения, предназначенный для работы при питании его переменным или постоянным током.

Симметрично относительно обмотки ротора включены обмотки возбуждения и конденсаторы. Ввиду того что обмотки возбуждения питаются переменным током, магнитопровод УКД должен быть шихтованным, чтобы уменьшить потери на перемагничивание стали.

Обычно УКД изготавливаются мощностью от 10 до 500 Вт при номинальном напряжении 220 В. Маломощные УКД могут работать с частотой вращения 10000 об/мин и выше. Искрение на коллекторе УКД значительно больше искрения коллекторных машин постоянного тока, поскольку у УКД отсутствует компенсационная обмотка. Возникающие при коммутации электромагнитные помехи фильтруются с помощью конденсаторов.

Частота вращения УКД сильно зависит от момента нагрузки на валу. При мощности около 200 Вт частота вращения УКД несколько выше при питании от сети постоянного тока, чем от сети переменного тока. Для выравнивания частот вращения в этом случае используются обмотки возбуждения с отпайками. УКД широко используются в бытовом электрооборудовании.

УРАВНЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

математические выражения, описывающие процесс преобразования энергии в трансформаторе.

Напряжение, наводимое в обмотке трансформатора, может быть определено с помощью следующего дифференциального уравнения:

$$U = Wd\Phi/dt ,$$

где W — количество витков обмотки; Φ — магнитный поток, t — время.

На практике более часто используется следующее выражение:

$$U = 4,44fW\Phi,$$

где f — частота переменного тока.

УРАВНИТЕЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

гальванические связи между секциями многослойных петлевых и волновых обмоток электрических машин постоянного тока, предотвращающие дополнительную токовую нагрузку обмотки и коллектора.

Причиной неравномерной токовой нагрузки секции обмотки, приводящей к ухудшению условий работы щеточно-коллекторного узла, является магнитная асимметрия машины. Уравнительные соединения выполняются либо на стороне коллектора, либо на стороне лобовых частей обмотки и соединяют равнопотенциальные точки обмотки, разность потенциалов между которыми появляется по указанной причине.

УСЛОВИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

требования, соблюдения которых позволяют обеспечить устойчивую параллельную работу двух и более трансформаторов или генераторов переменного тока.

Для обеспечения параллельной работы трансформаторов необходимо, чтобы все трансформаторы имели одинаковый коэффициент трансформации и примерно одинаковое напряжения короткого замыкания. Отклонение последнего параметра допустимо в пределах +10 %. При включении на параллельную работу трансформаторов различной мощности соотношение мощности не должно быть более 1:3. Обмотки трансформаторов должны иметь одинаковые группы соединения. При параллельной работе генераторов они должны иметь одинаковые напряжения, совпадающие по частоте и по фазе.

- Ф -

ФАЗА ОБМОТКИ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

одна или несколько катушечных групп, соединенных последовательно или параллельно и участвующих в создании магнитного потока одной фазы.

ФАЗНАЯ ЗОНА ОБМОТКИ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

участок статора (измеряемый по внутренней расточке статора), на котором расположены стороны катушечной группы одной фазы одного полюса.

ФАЗОРЕГУЛЯТОР

асинхронная машина с фазным заторможенным ротором, предназначенная для регулирования фазы вторичного напряжения относительно первичного.

- X -**ХОЛОСТОЙ ХОД ГЕНЕРАТОРА**

состояние возбужденной электрической вращающейся машины с разомкнутой внешней цепью обмотки якоря.

При холостом ходе напряжение на его зажимах соответствует максимальному, называемому напряжением холостого хода, ток возбуждения и частота вращения соответствуют номинальным значениям, а ток обмотки якоря равен нулю.

ХОЛОСТОЙ ХОД ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

состояние электрической машины, в котором она не осуществляет преобразование энергии.

Различают холостой ход генератора, трансформатора и двигателя.

ХОЛОСТОЙ ХОД ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

состояние электродвигателя, в котором потребляемая им мощность расходуется только на преодоление момента сопротивления, обусловленного трением в подшипниках и потерями на охлаждение.

Холостой ход электродвигателя осуществляется путем подачи на его обмотку номинального напряжения питания при отсутствии нагрузки на валу. При этом частота вращения электродвигателя равна номинальному значению, или несколько выше его, а ток потребления имеет минимальное значение.

- Ч -**ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ**

синхронная частота вращения, определяемая числом пар полюсов p обмотки электрической машины переменного тока и частотой f напряжения трехфазной питающей сети переменного тока, т. е. $n = f/2p$.

- Ш -**ШАГ ОБМОТКИ**

расстояние между двумя сторонами обмотки, определяемое количеством находящихся между ними пазов.

Если, например, одна сторона обмотки (или ее секции) лежит в пазу 1, а другая — в пазу 8, то шаг обмотки равен 7. При выполнении обмотки из нескольких концентрических секций последние выполняются с различным шагом.

ШАГ ОБМОТКИ СТАТОРА

расстояние между двумя сторонами секции обмотки.

Шаг указывается в сантиметрах или миллиметрах и зависит от числа полюсов и от типа обмотки (обмотка якоря машины постоянного тока или трехфазная обмотка статора машины переменного тока).

- Щ -**ЩЕТКА**

токопроводящий элемент, непосредственно соприкасающийся с коллектором или контактным колцом, предназначенный обеспечивать электрическую связь подвижной и неподвижной частей электрической машины.

В зависимости от мощности машины и условий ее эксплуатации к щеткам предъявляются различные требования, что находит отражение в технологии их изготовления. Различают щетки жесткие и мягкие. Жесткие щетки изготавливаются из углерода со связующими компонентами, которые после формовки прессованием подвергаются термической обработке. Эти щетки обладают невысокой электрической, механической и термической устойчивостью и большим переходным сопротивлением. Однако они позволяют улучшить процесс коммутации. Одни из способов повышения электрической и механической прочности жестких щеток является отжиг. К мягким щеткам относятся графитовые щетки, выдерживающие большую токовую нагрузку. Наименьшим переходным сопротивлением обладают щетки с добавками медного и бронзового порошка. Они используются в электрических машинах с большим током и низким напряжением.

Обычно щетка крепится в щеткодержателе с помощью нажимной пружины, которая также регулирует положение щетки по мере ее срабатывания. При замене сработавшейся щетки на новую необходимо притирать рабочую поверхность щетки к поверхности коллектора или контактного кольца с целью повышения площади контактируемой поверхности. Существующие конструкции щеткодержателей позволяют регулировать давление щетки на контактную поверхность, значение которого для коллекторов в 1,5 раза больше, чем для контактных колец. Щеткодержатели обеспечивают также отвод щеток от поверхности коллектора или контактного кольца.

ЩЕТОЧНЫЙ АППАРАТ

часть электрической машины, служащая для подвода или отвода электрической энергии от контактных колец или коллектора. Щеточный аппарат состоит из щеток, щеткодержателей, щеточных пальцев, щеточной траверсы и токособирающих шин.

ЩЕТОЧНАЯ ТРАВЕРСА

крепление щетки.

ЩЕТОЧНЫЙ ЗАЖИМ

крепление щетки.

ЩЕТКОДЕРЖАТЕЛЬ

элемент конструкции электрической машины, обеспечивающий контакт щетки с коллектором или контактным колцом и состоящий из обоймы, щеткодержателя, системы нажатия, элемента крепления.

- Э -**ЭДС ВРАЩЕНИЯ**

ЭДС, возникающая вследствие перемещения проводника в магнитном поле в соответствии с законом электромагнитной индукции.

В соответствии с законом электромагнитной индукции во всяком проводнике, перемещающемся с некоторой скоростью в стационарном магнитном поле, наводится ЭДС. Значение ЭДС пропорционально индукции B магнитного поля, активной длине проводника l и скорости V его перемещения в магнитном поле. Под активной длиной проводника понимается та его часть, которая расположена в магнитном поле. В том случае, когда направление движения проводника перпендикулярно направлению силовых линий магнитного поля, ЭДС можно определить из выражения

$$E = BVl.$$

ЭДС РОТОРА

напряжение, возникающее между разноименными полюсными щетками вращающегося ротора коллекторной машины переменного тока.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ИНДУКЦИЯ

векторная величина, равная геометрической сумме напряженности электрического поля, умноженной на электрическую постоянную, и поляризованности.

При помещении проводника в электрическое поле происходит смещение свободных электронов к его поверхности, в результате чего с одной стороны проводника скапливаются положительные, а с другой — отрицательные заряды, причем область положительных зарядов смещается в сторону отрицательно заряженной пластины, а область отрицательных зарядов — в сторону положительно заряженной пластины, создающей вместе с указанной выше пластиной электрическое поле.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МАШИНА

преобразователь энергии, в котором энергия преобразуется посредством электромагнитного поля.

Электрические машины разделяют на вращающиеся и без подвижных частей — трансформаторы

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

явление возбуждения ЭДС в контуре при изменении магнитного потока, сцепленного с ним. Явление положено в основу преобразования энергии в электрических машинах и отражено в законе электромагнитной индукции.

- Я -

ЯКОРЬ

часть электрической машины, в которой происходит преобразование энергии (из электрической в механическую или наоборот). В машине постоянного тока якорь — это вращающаяся часть машины, у синхронного генератора — это статор и т. д.

ЯРМО

часть магнитной системы электрической машины, не несущая основных обмоток и служащая для замыкания магнитного потока.

Алфавитный указатель

Асинхронная машина (АМ).....	4
Автотрансформатор.....	4
Бак трансформатора	4
Бирка с паспортными данными.....	5
Взаимная индукция	5
Взаимосвязь линейного и фазного напряжений.....	5
Вихревой ток.....	5
Возбуждение параллельное	6
Возбуждение последовательное.....	6
Возбуждение смешанное	6
Вращающееся электромагнитное поле.....	6
Выпадение из синхронизма	7
Генератор (Г).....	7
Генератор асинхронный (ГА).....	7
Генератор (Г) постоянного тока.....	8
Генератор переменного тока автомобильный.....	9
Генератор синхронный (СГ).....	9
Группа соединения обмоток трансформатора.....	10
Двигатель асинхронный с короткозамкнутым ротором	11
Двигатель асинхронный конденсаторный.....	11
Двигатель линейный.....	12
Двигатель постоянного тока (ДПТ)	12
Двигатель синхронный (СД).....	13
Закон Кирхгофа (второй)	14
Закон Кирхгофа (первый)	14
Закон Ленца.....	14
Закон Ома	14
Закон полного тока	15
Закон электромагнитной силы (закон Ампера)	15
Изменение напряжения трансформатора	15
Индуктор электрической машины	15
Коллекторная машина переменного тока.....	16
Короткое замыкание трансформатора	16
Коэффициент полезного действия (КПД)	17
Коэффициент трансформации	17
Магнитная индукция	17
Магнитная связь.....	17
Магнитная система трансформатора	18
Магнитная система трансформатора броневая.....	18
Магнитная система трансформатора бронестержневая.....	18
Магнитная система трансформатора шихтованная.....	18
Магнитное поле рассеяния обмоток трансформатора	19
Магнитодвижущая сила (МДС)	19
Нагрузка емкостная	19
Нагрузка индуктивная.....	20
Независимое возбуждение.....	20
Обмотка высокого напряжения.....	20
Обмотка трансформатора вторичная	20
Обмотка трансформатора первичная.....	20

Обмотка трансформатора цилиндрическая	21
Обмотка якоря барабанная	21
Обмотка якоря простая волновая.....	21
Обмотка якоря простая петлевая	21
Однофазный асинхронный двигатель	21
Основной ряд.....	22
Реакция якоря	22
Регулирование частоты вращения	23
Режим нагрузки генератора.....	23
Режим нагрузки электродвигателя	23
Ротор короткозамкнутый.....	24
Ротор неявнополюсный	24
Ротор фазный	24
Ротор явнополюсный	24
Самовозбуждение.....	25
Самоиндукция.....	26
Скольжение.....	26
Схема соединения звезда.....	26
Схема соединения зигзаг	26
Схема соединения треугольник	27
Трансформатор	27
Трансформатор групповой или трехфазная трансформаторная группа	28
Трансформатор сварочный.....	28
Трансформатор силовой	28
Трехфазное переменное напряжение	28
Турбогенератор.....	29
Универсальный коллекторный двигатель (УКД).....	29
Уравнения трансформатора	29
Уравнительные соединения	30
Условия параллельной работы.....	30
Фаза обмотки машины переменного тока	30
Фазная зона обмотки машины переменного тока	30
Фазорегулятор	30
Холостой ход генератора.....	31
Холостой ход электрической машины	31
Холостой ход электродвигателя	31
Частота вращения электромагнитного поля	31
Шаг обмотки	31
Шаг обмотки статора	31
Щетка.....	32
Щеточный аппарат	32
Щеточная траверса.....	32
Щеточный зажим.....	32
Щеткодержатель.....	32
ЭДС вращения	33
ЭДС ротора	33
Электрическая индукция	33
Электрическая машина	33
Электромагнитная индукция.....	33
Якорь	34
Ярмо.....	34

Елена Ивановна Меженина
Александра Спиро Аль-Хелю

**Терминологический словарь
по электрическим машинам**

Редактор, корректор: Быкова К. А.
Компьютерная верстка: Филилеева Е. В.

Подписано в печать _____. Формат 60×90/16.
Уч.-изд. 1,9. Уч.-печ. л. 2,3. Печать офсетная. Тираж _____ экз.
Заказ № _____

ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»
603107, Нижний Новгород, проспект Гагарина, 97

Отпечатано: Типография НГСХА
603107, Нижний Новгород, проспект Гагарина, 97, корп. 5