

всего, разрушает нормы технической деятельности. Она имеет постоянную скорость, что очень выгодно для современной работы. Скорость вращения и показатель мощности колеблются в огромных диапазонах. Они могут работать на полную мощность или частично, в зависимости от того, что требуется. Синхронные двигатели отличаются от генераторов наличием на роторе короткозамкнутой обмотки, которая позволяет сократить воздушные зазоры между статором и ротором. У синхронных двигателей уровень эффективности полезного действия очень высокий, а масса на единицу меньше мощности [2,3].

Синхронный двигатель является универсальным средством для выполнения различных функций, которые на данный момент являются первой необходимостью. Его значение в технике очень велико, так как развитие этой машины достигло максимального уровня, при котором выполняется работа, необходимая современному инженеру для достижения высоких результатов.

#### Литература:

1. Забудский Е.И. Электрические машины. М.: Высш.шк., 2008 195 с.
2. Кацман М.М. Электрические машины и трансформаторы. М.: Высш. шк., 1976. 261 с.
3. Кислицын А.Л. Синхронные машины УлГТУ., 2000. 108 с.

**Мальцев, И.А.**

**Релейная защита**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет.*

Ни один элемент электроэнергетической системы (генератор, трансформатор, линия электропередачи, сборные шины и др.) не обладает абсолютной надежностью. С большей или меньшей вероятностью он может быть поврежден, причем большинство повреждений сопровождается возникновением короткого замыкания. Режим короткого замыкания опасен для энергосистемы: устойчивая работа энергосистемы может быть нарушена, из-за существенного искажения параметров режима энергосистемы потребители электроэнергии теряют электропитание, длительное существование токов короткого замыкания разрушает поврежденный элемент энергосистемы до неремонтопригодного состояния.

Назначением релейной защиты является выявление поврежденного элемента и быстрое его отключение от энергосистемы. Кроме того, устройства релейной защиты должны предупреждать повреждение элемента энергосистемы в случае возникновения ненормального и опасного для него режима работы такие как перегрузка или неполно фазный режим и так далее.

Основные требования, предъявляемые к устройствам релейной защиты:

1. Селективность – способность устройства релейной защиты выявить и отключить поврежденный элемент энергосистемы.
2. Быстродействие – способность релейной защиты в кратчайший промежуток времени выявить и отключить поврежденный элемент энергосистемы.
3. Чувствительность – способность устройства релейной защиты четко отличать режим короткого замыкания любого вида (трехфазное, двухфазное, однофазное короткое замыкание) от всевозможных, даже утяжеленных режимов работы защищаемого объекта при отсутствии короткого замыкания.

4. Надежность – отсутствие отказов или ложных срабатываний релейной защиты, что обеспечивается как функциональной, так и аппаратной надежностью устройства защиты.

Устройства релейной защиты реагируют, естественно, на значения параметров режима защищаемого объекта (ток, напряжение, направление мощности и др.). По способу обеспечения селективности устройства релейной защиты подразделяются на две группы: с относительной селективностью и с абсолютной селективностью. Селективность защит первой группы обеспечивается выбором значений параметров срабатывания защиты, а селективность защит второй группы обеспечивается принципом их действия, т.е. защиты с абсолютной селективностью по принципу своего действия не реагируют на внешние по отношению к защищаемому объекту короткого замыкания. К защитам с относительной селективностью относятся в основном токовые и дистанционные защиты, а к защитам с абсолютной селективностью продольные и поперечные дифференциальные защиты, направленные защиты с высокочастотной блокировкой, дифференциально-фазные защиты, а также защиты, реагирующие на неэлектрические параметры (газовая защита трансформатора, дуговая защита шин и др.).

Любое устройство релейной защиты содержит, как правило, три составные части: измерительную, логическую и исполнительную. В состав измерительной части может входить один или несколько пусковых органов. Назначением измерительной части защиты является сравнение текущих значений параметров режима защищаемого объекта с заданными значениями, при которых защита должна срабатывать, т.е. с уставкой. В зависимости от вида РЗ такими параметрами могут быть ток, напряжение, направление мощности, отношение напряжения к току, т.е. сопротивление, и др. Если защита должна срабатывать при значениях параметра режима больших уставки, она называется максимальной, а если при значениях параметра меньших уставки – минимальной. Для обеспечения нормальной работы энергетической системы и потребителей электроэнергии необходимо возможно быстрее выявлять и отделять место повреждения от неповрежденной сети, восстанавливая таким путем нормальные условия работы энергосистемы и потребителей.

Опасные последствия ненормальных режимов также можно предотвратить, если своевременно обнаружить отклонение от нормального режима и принять меры к его устранению (например; снизить ток при его возрастании, повысить напряжение при его снижении и т. д.).

В связи с этим и возникает необходимость в создании и применении автоматических устройств, выполняющих указанные операции и защищающих систему и ее элементы от опасных последствий повреждений и ненормальных режимов.

Первоначально в качестве защитных устройств применялись плавкие предохранители. Однако по мере роста мощности и напряжения электрических установок и усложнения их схем коммутации такой способ защиты стал недостаточным, в силу чего были созданы защитные устройства, выполняемые при помощи специальных автоматов – реле, получившие название релейной защиты. Релейная защита является основным видом электрической автоматики, без которой невозможна нормальная и надежная работа современных энергетических систем. Она осуществляет непрерывный контроль за состоянием и режимом работы всех элементов энергосистемы и реагирует на возникновение повреждений и ненормальных режимов.

При возникновении повреждений защита выявляет и отключает от системы поврежденный участок, воздействуя на специальные силовые выключатели, предназначенные для размыкания токов повреждения.

При возникновении ненормальных режимов защита выявляет их и в зависимости от характера нарушения производит операции, необходимые для восстановления нормального режима, или подает сигнал дежурному персоналу. В современных электрических системах релейная защита тесно связана с электрической автоматикой, предназначенной для быстрого автоматического восстановления нормального режима и питания потребителей.

К основным устройствам такой автоматики относятся: автоматы повторного включения (АПВ), автоматы включения резервных источников питания и оборудования (АВР) и автоматы частотной разгрузки (АЧР).

Рассмотрим более подробно основные виды повреждений и ненормальных режимов, возникающих в электрических установках, и их последствия.

Большинство повреждений в электрических системах приводит к коротким замыканиям фаз между собой или на землю. В обмотках электрических машин и трансформаторов, кроме того, бывают замыкания между витками одной фазы.

Основными причинами повреждений являются: нарушения изоляции, вызванные старением ее, неудовлетворительным состоянием, перенапряжениями и механическими повреждениями (обрыв проводов, наброс на провода и др.), и ошибки персонала при операциях (отключение разъединителей под нагрузкой, включение под напряжение на оставленную закоротку и т. п.).

Все повреждения являются следствием конструктивных недостатков или несовершенства оборудования, некачественного его изготовления, дефектов монтажа, ошибок при проектировании, неудовлетворительного или неправильного ухода за оборудованием, ненормальных режимов работы оборудования. Поэтому повреждения нельзя считать неизбежными, но в то же время нельзя и не учитывать возможность их возникновения.

Короткие замыкания подразделяются на трехфазные, двухфазные и однофазные в зависимости от числа замкнувшихся фаз; замыкания с землей и без земли; замыкания в одной и двух точках сети. При (КЗ) вследствие увеличения тока возрастает падение напряжения в элементах системы, что приводит к понижению напряжения во всех, точках сети. Наибольшее снижение напряжения происходит в месте (КЗ) и в непосредственной близости от него. В точках сети, удаленных от места повреждения, напряжение снижается в меньшей степени. В месте повреждения это тепло и пламя электрической дуги производят большие разрушения, размеры которого тем больше, чем больше ток (КЗ) и время. Проходя по неповрежденному оборудованию и линиям электропередачи, ток (КЗ) нагревает их выше допустимого предела, что может вызвать повреждение изоляции и токоведущих частей. Основным потребителем электроэнергии являются асинхронные электродвигатели. Момент вращения двигателей пропорционален квадрату напряжения на их зажимах. Поэтому при глубоком снижении напряжения момент вращения электродвигателей может оказаться меньше момента сопротивления механизмов, что приводит к их остановке. Нормальная работа осветительных установок, составляющих вторую значительную часть потребителей электроэнергии, при снижении напряжения также нарушается. Особенно чувствительны к понижению напряжения вычислительные и управляющие электронные машины, широко внедряемые в последнее время.

Вторым, наиболее тяжелым последствием снижения напряжения является нарушение устойчивости параллельной работы генераторов. Это может привести к распаду системы и прекращению питания всех ее потребителей.

Так же существует ненормальные режимы работы тока. К ненормальным относят-

ся режимы, связанные с отклонениями от допустимых значений величин тока, напряжения и частоты, опасные для оборудования или устойчивой работы энергосистемы. Рассмотрим наиболее характерные ненормальные режимы. Перегрузка оборудования, вызванная увеличением тока сверх номинального значения. Номинальным называется максимальный ток, допускаемый для данного оборудования в течение неограниченного времени. Если ток, проходящий по оборудованию, превышает номинальное значение, то за счет выделяемого им дополнительного тепла температура токоведущих частей и изоляции через некоторое время превосходит допустимую величину, что приводит к ускоренному износу изоляции и ее повреждению. Время, допустимое для прохождения повышенных токов, зависит от их величины. Для предупреждения повреждения оборудования при его перегрузке необходимо принять меры к разгрузке или отключению оборудования.

Снижение частоты, вызываемое недостатком генераторной мощности, обычно возникает при внезапном отключении части работающих генераторов. При снижении частоты понижается производительность механизмов и нарушается технологический процесс тех агрегатов, для которых имеет значение постоянство скорости вращения электродвигателей.

Повышение напряжения сверх допустимого значения возникает обычно на гидрогенераторах при внезапном отключении их нагрузки. Разгрузившийся гидрогенератор увеличивает скорость вращения, что вызывает возрастание Э. Д. С. статора до опасных для его изоляции значений. Защита в таких случаях должна снизить ток возбуждения генератора или отключить его.

Опасное для изоляции оборудования повышение напряжения может возникнуть также при одностороннем отключении или включении длинных линий электропередачи с большой емкостной проводимостью. Кроме отмеченных ненормальных режимов, имеются и другие, ликвидация которых возможна при помощи релейной защиты.

Обычно устройства релейной защиты состоят из нескольких реле, соединенных друг с другом по определенной схеме. Реле представляет собой автоматическое устройство, которое приходит в действие (срабатывает) при определенном значении воздействующей на него входной величины. В релейной технике применяются реле с контактами – электромеханические, и бесконтактные – на полупроводниках или на ферромагнитных элементах. У первых при срабатывании замыкаются или размыкаются контакты. У вторых – при определенном значении входной величины скачкообразно меняется выходная величина, например напряжение.

Каждое устройство защиты и его схема подразделяются на две части: реагирующую и логическую. Реагирующая (или измерительная) часть является главной, она состоит из основных реле, которые непрерывно получают информацию о состоянии защищаемого элемента и реагируют на повреждения или ненормальные режимы, подавая соответствующие команды на логическую часть защиты. Логическая часть (или оперативная) является вспомогательной, она воспринимает команды реагирующей части и, если их последовательность и сочетание соответствуют заданной программе, производит заранее предусмотренные операции и подает управляющий импульс на отключение выключателей. Логическая часть может выполняться с помощью электромеханических реле или схем с использованием электронных приборов – ламповых или полупроводниковых.

В соответствии с этим подразделением защитных устройств реле так же делятся на две группы: на основные, реагирующие на повреждения, и вспомогательные, дей-

ствующие по команде первых и используемые в логической части схемы. Признаком появления (КЗ) могут служить возрастание тока  $I$ , понижение напряжения  $U$  и уменьшение сопротивления защищаемого участка, характеризуемого отношением напряжения к току в данной точке сети,  $Z = U/I$ .

Соответственно этому в качестве реагирующих реле применяют реле токовые, реагирующие на величину тока, реле напряжения, реагирующие на величину напряжения, и реле сопротивления, реагирующие на изменение сопротивления. В сочетании с указанными реле часто применяются реле мощности, реагирующие на величину и направление (знак) мощности (КЗ), проходящей через место установки защиты. Реле, действующие при возрастании величины, на которую они реагируют, называются максимальными, а реле, работающие при снижении этой величины, называются минимальными. Для защит от ненормальных режимов, так же как и для защит от (КЗ), используются реле тока и напряжения. Первые служат в качестве реле, реагирующих на перегрузку, а вторые – на опасное повышение или снижение напряжения в сети. Кроме того, применяется ряд специальных реле, например, реле частоты, действующие при недопустимом снижении или повышении частоты; тепловые реле, реагирующие на увеличение тепла, выделяемого током при перегрузках, и некоторые другие. К числу вспомогательных реле относятся: реле времени, служащие для замедления действия защиты; реле указательные – для сигнализации и фиксации действия защиты; реле промежуточные, передающие действие основных реле на отключение выключателей и служащие для осуществления взаимной связи, между, элементами защиты.

#### Литература:

1. Википедия Свободная энциклопедия [сайт]. URL: [http://www.ru.wikipedia.org/wiki/Релейная\\_защита\\_и\\_автоматика](http://www.ru.wikipedia.org/wiki/Релейная_защита_и_автоматика) (Дата обращения: 23.04.2014).
2. М.Ф. Костров И.И. Соловьев А.М.Федосеев Основы техники релейной защиты. 1999. (с.11-13).

**Марков, С.А.**

#### **Газопоршневые электростанции**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет.*

Развитие энергетики в наши дни является одной из самых главных задач, ведь запасы нефти и газа могут истощиться в ближайшие десятилетия. С каждым годом в мире появляется все больше и больше новых устройств для получения электроэнергии. Эта статья посвящена одному из таких устройств – Газопоршневая электростанция.

Газопоршневая электростанция – это система генерации, созданная на основе поршневого двигателя внутреннего сгорания, работающего на природном или другом горючем газе[3]. Данная установка не используется для обеспечения энергией городов, она предназначена для частных предприятий, загородных домов и других потребителей электроэнергии, которые хотят снизить затраты по платежам и приобрести независимость от централизованных сетей энергоснабжения.

Газопоршневые электростанции вырабатывают не только электроэнергию, также они вырабатывают тепло и холод. Возможно получение двух видов энергии: тепло и