УДК 621.316.935.1

СПОСОБЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6–35 КВ

Яновская Е.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент ГУБАНОВИЧ А.Г.

Короткими замыканиями (КЗ) называют замыкания между фазами, замыкания фаз на землю (нулевой провод) в сетях с глухо- и эффективно-заземленными нейтралями, а также витковые замыкания в электрических машинах.

Протекание токов КЗ приводит к увеличению потерь электроэнергии в проводниках и контактах, что вызывает их повышенный нагрев. Нагрев может ускорить старение и разрушение изоляции, вызывать сваривание и выгорание контактов, потерю механической прочности шин и проводов и т. п. проводники и аппараты должны без повреждений переносить в течение заданного расчетного времени нагрев токами КЗ, т. е. должны быть термически стойкими.

Протекание токов КЗ сопровождается также значительными электродинамическими усилиями между проводниками. Для защиты токоведущих частей и их изоляции от разрушения принимаются необходимые меры.

В настоящее время разработан комплекс мер, который позволяет регулировать уровни токов КЗ, ограничивать их при развитии электроустановок. Однако применение таких средств не является самоцелью и оправданно только после специального технико-экономического обоснования.

Наиболее распространенными и действенными способами ограничения токов КЗ являются секционирование электрических сетей, установка токоограничивающих реакторов, широкое использование трансформаторов с расщепленными обмотками низшего напряжения БТУ (безынерционные токоограничивающие устройства).

Первый способ является эффективным средством, которое позволяет уменьшить уровни токов КЗ в реальных электрических сетях до двух раз. В месте секционирования образуется так называемая точка деления сети. В мощной энергосистеме с большими токами КЗ таких точек может быть несколько.

Секционирование электрической сети обычно влечет за собой увеличение потерь электроэнергии в линиях электропередачи и трансформаторах в нормальном режиме работы, так как распределение потоков мощности при этом может быть неоптимальным. По этой причине решение о секционировании должно приниматься после специального технико-экономического обоснования.

В распределительных электрических сетях 10 кВ и ниже широко применяется раздельная работа секций шин, питающихся от различных трансформаторов подстанции. Основной причиной, определяющей такой режим работы, является требование снижения токов КЗ, хотя и в этом случае отказ от непосредственной параллельной работы трансформаторов имеет свои отрицательные последствия: разные уровни напряжения по секциям, неравномерная загрузка трансформаторов и некоторые другие. При мощности понижающего трансформатора 25 МВА и выше применяют расщепление обмотки низшего напряжения на две, что позволяет увеличить сопротивление такого трансформатора в режиме КЗ примерно в 2 раза по сравнению с трансформатором без расщепления обмотки.

К специальным техническим средствам ограничения токов КЗ в первую очередь относятся токоограничивающие реакторы.

Реактор представляет собой индуктивную катушку, не имеющую сердечника из магнитного материала. Благодаря этому он обладает постоянным индуктивным сопротивлением, не зависящим от протекающего тока.

В настоящее время наибольшее распространение получили бетонные реакторы с алюминиевой обмоткой марки РБ.

Алюминиевые проводники обмотки реакторов покрываются несколькими слоями кабельной бумаги и хлопчатобумажной оплеткой. Обмотка наматывается на специальный каркас, а затем в определенных местах заливается бетоном. Бетон образует колонны, которые закрепляют витки обмотки, предотвращая их смещение под действием собственной массы и электродинамических усилий при протекании токов КЗ. Изоляция реактора от заземленных конструкций, а при вертикальной установке и от соседних фаз осуществляется при помощи опорных фарфоровых изоляторов.

Бетонные реакторы выпускаются отечественной промышленностью на номинальные токи до 4000 А и изготавливаются для вертикальной, горизонтальной и ступенчатой установки.

Наряду с рассмотренными выше реакторами обычной конструкции в электроустановках находят применение сдвоенные реакторы. Конструктивно они подобны обычным реакторам, но от средней точки обмотки имеется дополнительный вывод.

Также используются реакторы сухого типа. Они стали появляться благодаря разработке новых изоляционных материалов, основанных на кремнийорганической структуре. Она позволяет создавать изделия, успешно работающие на электрооборудовании до 220 кВ включительно.

У масляных реакторов медная обмотка проводников изолируется пропитанной кабельной бумагой и монтируется на изоляционных цилиндрах, помещенных в емкость с маслом либо другим жидким диэлектриком, одновременно выполняющим функцию отвода тепла.Чтобы исключить нагрев металлического корпуса емкости от протекающего по виткам обмотки переменного поля промышленной частоты в подобную конструкцию включают магнитные шунты или электромагнитные экраны.

Реакторы с броней создаются с сердечником. Учитывая возможность насыщения магнитопровода, такие изделия требуют точного расчета и тщательного анализа условий эксплуатации. Броневые сердечники из электротехнических сортов стали позволяют снижать габариты и вес подобных конструкций реакторов, а заодно и стоимость. Но при их использовании требуется обязательно учитывать то обстоятельство, чтобы ударный ток не превышал максимального возможного значения для этого типа устройств.

Также используются безынерционные токоограничивающие устройства различного типа.

Токоограничивающие устройства резонансного типа (РТОУ) – основаны на использовании эффекта резонанса напряжения при рабочих режимах соответствующей цепи и расстройки резонанса при аварийных режимах (в основном эксплуатируются в сетях 6 кВ).

В ТОУ реакторно-вентильного типа используется комбинация реакторов и управляемых вентилей.

Токоограничивающие устройства со сверхпроводниками – принцип действия основан на переходе (почти мгновенном) сверхпроводника их сверхпроводящего в резистивное состояние при изменении его температуры или напряженности магнитного поля на его поверхности.

Для обеспечения надежной работы энергосистем и предотвращения повреждений оборудования при КЗ необходимо быстро отключать поврежденный участок. К мерам, уменьшающим опасность развития аварий, относится также правильный выбор аппаратов по условиям КЗ, выбор рациональной схемы сети и некоторые другие.

Для осуществления указанных мероприятий необходимо уметь определять ток КЗ и характер его изменения во времени.

Литература

1 Рожкова, Л.Д. Электрооборудование станций и подстанций / Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова – М.: Академия, 2007. – 448 с.

2 Маргулова, Т.Х. Атомные электрические станции / Т.Х. Маргулова – М.: МЭИ, 2002. – 358 с.