

УДК 621.3

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОГРАНИЧЕНИЯ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Рымкевич Л.П., Алейник В.С., Баран А.Г.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Силюк С.М.

По уровню токов и мощностей КЗ осуществляют выбор сечения шин, токопроводов, проводов и кабелей, отключающую и коммутационную способность аппаратов, электродинамическую и термическую стойкость токоведущих частей и конструкций электрооборудования. Выбор электрооборудования по факторам аварийного режима не только означает предъявление более жестких требований к его техническим характеристикам, но и свидетельствует о соответствующем росте его стоимостных показателей.

При проектировании ЭЭС решается технико-экономическая задача ограничения уровней токов и мощностей КЗ до значений, допустимых параметрами электрооборудования, которые экономически целесообразно применять. В процессе эксплуатации ЭЭС, сопровождающейся их развитием с включением новых источников электрической энергии, возникает задача ограничения уровней токов и мощностей КЗ, если они превышают параметры установленного электрооборудования. При ее решении используют различные меры и средства, связанные с уменьшением токов КЗ и направленные на увеличение сопротивления цепи КЗ, локализацию в аварийном режиме источников ее питания и отключение поврежденной электрической сети за время менее 5 мс.

К методам ограничения токов КЗ относятся: выбор структуры и схемы электрических соединений элементов ЭЭС; стационарное и автоматическое деление электрической сети; выбор режима ее эксплуатации; выбор схем коммутации; применение оборудования с повышенным электрическим сопротивлением; использование быстродействующих коммутационных аппаратов; изменение режима нейтрали элементов сети.

Структура и схемы электрических соединений элементов ЭЭС выбираются на стадии ее проектирования и реконструкции. В основу принимаемых решений при этом должны быть положены следующие принципы: максимальное приближение источников питания к электроприемникам; секционирование всех ступеней распределения электрической энергии в системе электроснабжения (СЭС); построение и выбор конфигурации электрической сети (радиальной, магистральной, радиально-магистральной) должны обосновываться (наряду с такими основными факторами, как надежность, потери мощности и энергии, расход цветного металла и другие) также степенью использования сечений проводников, выбранных по току КЗ; использование токоограничителя в схеме электроснабжения, при котором токоограничивающие устройства устанавливаются на нескольких последовательных ступенях распределения электрической энергии.

Стационарное или автоматическое деление сетей выполняется обычно в системах внешнего электроснабжения в связи с увеличением числа и мощности источников электрической энергии, как в энергетической системе, так и на собственных ТЭЦ. Необходимость деления сети получается в тех случаях, когда уровень токов КЗ в узлах нагрузки превышает допустимый уровень по параметрам электрооборудования, находящегося в эксплуатации.

Применение электрооборудования с повышенным электрическим сопротивлением предусматривает установку как общесетевых, так и специальных элементов. При проектировании СЭС можно целенаправленно выбирать элементы сети с большим реактивным и активным сопротивлениями, изменяя количество и мощность трансформаторов, применяя трансформаторы с повышенным относительным напряжением КЗ, воздушные линии и токопроводы с увеличенным расстоянием между фазами, протяженные токопроводы и тому подобное. К специальному электрооборудованию

относятся трансформаторы и автотрансформаторы с расщепленными обмотками низшего напряжения, одноцепные и сдвоенные реакторы.

Реализация различных способов ограничения токов КЗ предусматривает применение специальных технических средств, которые непосредственно, благодаря своему конструктивному исполнению, ограничивают значение или продолжительность воздействия тока КЗ либо используются в схемах соединения элементов, выполняющих в совокупности эту функцию. К таким средствам относятся: аппараты и устройства, реализующие автоматическое деление сети; силовые трансформаторы и автотрансформаторы с особым исполнением конструкции и соединения фазных обмоток; токоограничивающие элементы и устройства; токоограничивающие коммутационные аппараты; устройства изменения режима работы нейтрали силовых трансформаторов.

Автоматическое деление сети может использоваться во внешнем электроснабжении предприятий в сетях напряжением 35 кВ и выше. Такая операция реализуется с применением устройств противоаварийной автоматики и коммутационных аппаратов, устанавливаемых на мощных присоединениях, между секциями РУ и на вводах. Средства противоаварийной автоматики включают в себя: релейную защиту, реагирующую на появление КЗ; устройства автоматического выполнения последовательного отключения коммутационных аппаратов; устройства автоматической частотной разгрузки, АПВ и АВР.

Трансформаторы и автотрансформаторы могут выполняться с расщепленными обмотками низшего напряжения. Части расщепленной обмотки размещаются симметрично относительно обмотки высшего напряжения, имеют самостоятельные выводы и допускают произвольное распределение нагрузки между обмотками. Ограничение токов КЗ конструктивно достигается большим значением напряжения КЗ между частями расщепленной обмотки. Для ограничения несимметричных токов КЗ существенную роль играет схема соединения фазных обмоток трансформаторов и автотрансформаторов. Так как в схему замещения нулевой последовательности включаются только те ветви, по которым циркулируют токи нулевой последовательности, то она не содержит участков электрической сети, находящихся за обмотками, соединенными в треугольник.

Токоограничивающие реакторы представляют собой дополнительные реактивные сопротивления, которые включаются в различных точках электрической сети напряжением 6 – 220 кВ. Их назначение – снижение тока КЗ за реактором и сохранение требуемого уровня остаточного напряжения в узловых точках сети перед реактором.

Токоограничивающие коммутационные аппараты совмещают функции ограничения наибольших значений токов КЗ и защиты от воздействия сверхтоков путем их отключения. К ним относятся быстродействующие токоограничивающие предохранители, ограничители ударного тока, а также специальные автоматические выключатели на напряжение до 1 кВ.

Для ограничения токов КЗ на землю разземляют нейтраль части силовых трансформаторов, включают в цепь нейтрали элементов сети реакторы с линейной характеристикой, насыщающиеся реакторы, дугогасящие реакторы и резисторы, нелинейные сопротивления. Эти устройства могут включаться постоянно в нейтраль, вводиться в цепь ее рабочего заземления при КЗ на землю с помощью коммутационных аппаратов или изменять результирующее сопротивление при появлении КЗ на землю путем срабатывания пороговых элементов (насыщающихся реакторов), индуктивно-емкостных контуров, настроенных в резонанс напряжений.

Высокие токи короткого замыкания обуславливают предъявление повышенных требований в отношении функционирования коммутационной аппаратуры, релейной защиты, системной автоматики, а также электродинамической и термической стойкости элементов ЭЭС, что в свою очередь вызывает повышение стоимости данных элементов. Также высокие уровни токов короткого замыкания являются причиной снижения надежности силовых трансформаторов. Эти причины определяют задачу поиска методов и средств ограничения токов короткого замыкания, некоторые из которых описаны в данной работе.