

УДК 681.3.06

ОГРАНИЧЕНИЮ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Гавриелок Ю. В., Тукай П. А., Баран А. Г.

Короткими замыканиями (КЗ) называются замыкания между фазами (фазными проводниками электроустановки), замыкания фаз на землю (нулевой провод) в сетях с глухо- и эффективно-заземленными нейтралью, а также витковые замыкания в электрических машинах. Короткие замыкания, как правило, сопровождаются увеличением токов в поврежденных фазах до значений, превосходящих в несколько раз номинальные значения.

Развитие энергосистем ведет к стремительному росту уровней токов КЗ, что предъявляет повышенные требования в отношении электродинамической и термической стойкости элементов электротехнических устройств энергосистем, а также коммутационной способности электрических аппаратов.

С целью уменьшения воздействия токов КЗ на электрооборудование предложены и используются различные методы и средства ограничения токов КЗ. Вопросы ограничения уровня токов КЗ затрагивают вопросы обеспечения устойчивости и надежности работы энергосистем, а также их технико-экономические характеристики. Поэтому помимо применения и усовершенствования проверенных методов и средств, разрабатываются и исследуются принципиально новые средства токоограничения, позволяющие ограничить не только значение тока КЗ, но и продолжительность КЗ.

Для ограничения токов КЗ на электростанциях и в сетях энергосистем используются следующие методы:

- метод оптимизации структуры и параметров сети (схемные решения);
- стационарного или автоматического деления сети;
- использования токоограничивающих устройств;
- оптимизации режима заземления нейтралей элементов электрических сетей;
- изменения схем электрических соединений обмоток трансформаторов и автотрансформаторов.

В зависимости от местных условий, требуемой степени ограничения токов при различных видах КЗ, а также от технико-экономических показателей для ограничения токов КЗ в конкретных электроустановках или в конкретных сетях энергосистемы необходимы различные средства токоограничения или их комбинации, дающие наибольший технико-экономический эффект.

В настоящее время в отечественных энергосистемах для ограничения токов КЗ наиболее часто используются: стационарное и автоматическое деления сети, токоограничивающие реакторы и аппараты, трансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения, а также разземление нейтралей части силовых трансформаторов сети, их заземление через реакторы и резисторы. Другие методы и средства ограничения токов КЗ находятся в стадии исследований, опытно-конструкторской разработки и проектной проработки.

Схемные решения принимаются, как правило, на стадии проектирования схем развития энергосистем, а также при проектировании мощных электростанций и схем развития сетей повышенного напряжения. Они предусматривают изменение степени жесткости электрических связей между сетями. Схемные решения состоят в выборе оптимальных (при поставленных условиях и ограничениях) схем выдачи мощности электростанций, структуры и параметров элементов сетей энергосистем.

Схемные решения в первую очередь касаются принципиальных схем выдачи мощности электростанций. Так переход схемы выдачи мощности к блочному принципу, с последующим понижением напряжения непосредственно у нагрузки, соответствует значительному уменьшению уровня токов КЗ в сети низкого напряжения. Это обусловлено

появлением в цепи протекания токов КЗ значительного индуктивного сопротивления трансформаторов. Недостатком данного метода являются повышенные потери в нормальном режиме из-за двойной трансформации. Так изменение схемы выдачи мощности электростанций приводит к изменению темпа роста уровней токов КЗ в сетях различного напряжения энергосистем. При этом в сетях более низкого напряжения могут быть образованы регионы со стабильным наибольшим уровнем токов КЗ.

Возможность деления сети используют в процессе эксплуатации, когда требуется ограничить рост уровней токов КЗ при развитии энергосистем. Различают деление сети на стационарное и автоматическое.

Стационарное деление сети – это деление сети в нормальном режиме, осуществляемое с помощью секционных, шиносоединительных или линейных выключателей мощных присоединений электроустановок. В последнем случае деление сети связано с выведением из работы соответствующих линий электропередачи или автотрансформаторов связи, т. е. с замораживанием капиталовложений.

Стационарное деление сети производят тогда, когда наибольший уровень тока КЗ в данной сети или уровень тока КЗ в конкретном узле сети превышает допустимый с точки зрения параметров установленного оборудования. На подстанциях и электростанциях, имеющих распределительные устройства генераторного напряжения, деление сети может осуществляться как на высшем, так и на низшем напряжении. Это зависит от того, в сети какого напряжения требуется и имеется возможность снизить уровень тока КЗ.

Другой вид деления сети – автоматический. Автоматическое деление сети осуществляется в аварийном режиме с целью облегчения работы коммутационных аппаратов при отключении ими поврежденной цепи. Оно выполняется на секционных или шиносоединительных выключателях, реже – на выключателях мощных присоединений. При повреждении на присоединении распределительного устройства (на линии) вначале отключается секционный или шиносоединительный выключатель, затем линейный выключатель и осуществляется цикл автоматического повторного включения.

В качестве токоограничивающих устройств могут использоваться следующие аппараты: токоограничивающие реакторы (неуправляемые и управляемые, с линейной или с нелинейной характеристикой), трансформаторы и автотрансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения, трансформаторы с повышенным напряжением короткого замыкания, безынерционные токоограничивающие устройства различного типа (резонансные, реакторно-вентильные, со сверхпроводящими элементами), токоограничивающие коммутационные аппараты, токоограничивающие резисторы, вставки постоянного тока, вставки переменного тока не промышленной частоты, автотрансформаторы, нормально выполненные без третичной обмотки, соединенной в треугольник и др.

Наиболее распространёнными из них являются: токоограничивающие реакторы, трансформаторы и автотрансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения, трансформаторы с повышенным напряжением короткого замыкания и токоограничивающие коммутационные аппараты.

Токоограничивающие реакторы могут иметь различные устройство и конструктивное исполнение, а также технические и технико-экономические характеристики и параметры. В настоящее время в энергосистемах для ограничения токов КЗ используются только нерегулируемые реакторы с линейной характеристикой. Линейный реактор, включаемый последовательно в соответствующую линию (присоединение), ограничивает ток КЗ и поддерживает относительно высокий уровень остаточного напряжения в узлах предвключенной сети.

Оптимизации режима заземления нейтралей элементов электрических сетей и изменения схем электрических соединений обмоток трансформаторов и автотрансформаторов позволяют ограничивать уровень токов несимметричных коротких замыканий (замыканий, связанных с землей). Эти методы позволяют существенно влиять на

результатирующе сопротивление токам нулевой последовательности. Увеличение, которого позволяет снизить ток несимметричного КЗ.