

УДК 621.3

## ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6–35 кВ

Турук К.А.

Научный руководитель – к.т.н. БУЛОЙЧИК Е.В.

Однофазное замыкание на землю является наиболее частым видом повреждения в трехфазных электрических сетях всех классов напряжения.

В электрических сетях 6–35 кВ, работающих, как правило, с изолированной или компенсированной нейтралью, значения токов однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) невелики, они не превышают 20–30 А. Поэтому сети этих классов напряжения традиционно называют сетями с малым током замыкания на землю.

Однако ОЗЗ представляют большую опасность для оборудования электрических сетей и для находящихся вблизи места ОЗЗ людей и животных. В связи с этим Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей требуют в одних случаях быстро автоматически отключать ОЗЗ, а в других требуют немедленно приступать к определению присоединения с ОЗЗ и затем отключать его.

Создать селективную и высокочувствительную защиту от ОЗЗ, пригодную для любых видов сетей с малым током замыкания на землю, до настоящего времени не удалось никому. Действительно, трудно создать универсальную защиту от ОЗЗ для таких разных типов электроустановок, как воздушные и кабельные линии, генераторы и электродвигатели, для таких разных режимов заземления нейтральных точек сети, как «изолированная нейтраль», «резонансно-заземленная нейтраль» или «резистивно-заземленная нейтраль» (нейтраль, заземленная через ограничивающее активное сопротивление – резистор).

Особые трудности при выполнении селективных защит от ОЗЗ возникают в сетях 6–10 кВ с резонансно-заземленной нейтралью, где ток повреждения промышленной частоты полностью компенсируется током дугогасящего реактора (ДГР) и поэтому не может быть использован в качестве источника информации для защиты. Дополнительные трудности возникают при необходимости селективного определения присоединения с ОЗЗ в электрических сетях сложной конфигурации, при отсутствии на присоединении кабельной вставки, необходимой для установки трансформатора тока нулевой последовательности, при часто меняющейся первичной схеме защищаемой сети и в других случаях.

Защиты от ОЗЗ должны удовлетворять основным требованиям, которые предъявляются ко всем устройствам релейной защиты:

- селективность;
- быстродействие (особенно при необходимости отключения ОЗЗ);
- чувствительность;
- надежность.

Наряду с этим предъявляются требования, характерные для современных микропроцессорных защит (самодиагностика, запоминание событий, дистанционное получение информации и др.).

Простейшей защитой от замыканий на землю является общая неселективная сигнализация о появлении замыкания на землю без указания поврежденного участка.

Такое устройство состоит из трех реле минимального напряжения включенных на напряжение фаз относительно земли, или схемы с одним реле повышения напряжения, включенным на напряжение нулевой последовательности.

При появлении «земли» схемы дают сигнал, а затем дежурный поочередным отключением присоединений определяет поврежденный элемент. Указанный способ определения повреждения связан с кратковременным нарушением питания потребителей, требует много времени и особенно неудобен на подстанциях без постоянного дежурного персонала. В связи с этим неселективную сигнализацию необходимо дополнять селективной

защитой от замыканий на землю. В качестве селективных защит от замыканий на землю, указывающих поврежденный участок, применяются токовые и направленные защиты, реагирующие на токи и мощность нулевой последовательности.

Для обеспечения селективной работы защиты используется различие в величине и направлении токов, появляющихся при замыкании на землю на поврежденном и неповрежденном присоединениях. Реагируя на это различие, защита должна действовать только на поврежденном присоединении и не работать на не-поврежденных присоединениях.

Однако токи, возникающие при замыканиях на землю на поврежденных и неповрежденных элементах, особенно в компенсированной сети, обладают недостаточно четкими и устойчивыми различиями, в связи с чем создание селективной защиты от замыканий на землю является сложной задачей, пока еще не имеющей полноценного и подтвержденного эксплуатацией решения.

В некомпенсированных сетях наиболее простым решением является применение токовых защит, реагирующих на емкостный ток сети. Но это оказывается возможным только при большом числе присоединений, когда суммарный емкостный ток сети во много раз превосходит емкостный ток каждого присоединения, так, как только при этом условии можно обеспечить требуемую селективность защиты.

В компенсированных сетях емкостный ток основной частоты (50 Гц) компенсируется током дугогасящей катушки.

В связи с этим для действия защиты в компенсированной сети приходится создавать ток искусственным путем или использовать остаточные (естественные) некомпенсированные токи (например, активные и неосновных гармоник) или применять защиты, реагирующие на токи и напряжения, возникающие в переходном режиме в первый момент повреждения.

Таким образом все известные и применяемые на практике защиты можно подразделить на четыре группы:

- защиты, реагирующие на естественный емкостный ток сети. Такой способ защиты возможен только при отсутствии компенсации или при наличии недокомпенсации емкостного тока сети;
- защиты, реагирующие на токи нулевой последовательности, создаваемые искусственным путем;
- защиты, реагирующие на установившиеся остаточные токи, возникающие в поврежденной линии при резонансной компенсации емкостных токов;
- защиты, реагирующие на токи переходного режима, возникающие в первый момент замыкания на землю.

#### Литература

- 1 Евдокунин, Г.А. Выбор способа заземления нейтрали в сетях 6–10 кВ / Г.А. Евдокунин и др. // Новости электротехники. – 2003. – № 5. – С. 5–13.
- 2 Сирота, И.М. Режимы нейтрали электрических сетей / И.М. Сирота, С.Н. Кисленко, А.М. Михайлов. – Киев : Наукова Думка, 1985. – 264 с.
- 3 Шабад, М.А. Обзор режимов заземления нейтрали и защиты от замыканий на землю в сетях 6–35 кВ России / М.А. Шабад // Энергетик. – 1999. – № 3. – С. 12–17.
- 4 Евдокунин Г.А. О принципах построения релейной защиты от однофазных замыканий на землю в сетях 6–35 кВ / Г.А. Евдокунин // Перенапряжения и надежность эксплуатации электрооборудования : материалы международной научно-технической конференции. (г. Будапешт, 14–18 ноября 2005 г.) / ПЭИПК. – СПб, 2006. С. 33–35.