

## ПОСТРОЕНИЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Корнев В.А.

Научный руководитель: Шмойлов А.В., к.т.н. доцент  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: [Kornev\\_vasja@mail.ru](mailto:Kornev_vasja@mail.ru); [Shm\\_av@rambler.ru](mailto:Shm_av@rambler.ru)

Релейная защита (РЗ), применяемая в системах электроснабжения обеспечивает обнаружение коротких замыканий (КЗ) в оборудовании и электрических сетях и подавление данных повреждений посредством отключения места КЗ с помощью силовых высоковольтных коммутаторов (выключателей), секционирующих сеть. Другими словами, РЗ – это объединение, с одной стороны, средств контроля параметров реагирования, как правило, электрических токов или сопротивлений элементов и участков сети, а с другой стороны, коммутационных аппаратов, обеспечивающих ликвидацию КЗ путем подавления тока короткозамкнутых электрических цепей. Обнаружение КЗ в сети осуществляется через чрезмерные возрастания токов в силовых цепях (оборудование, участки, линии сети), снижения измеряемых сопротивлений участков от места размещения измерительных приборов до места КЗ. Фиксация токов и сопротивлений осуществляется приборами-реле, подключенными к силовым цепям через трансформаторы тока и напряжения на концах участков, линий сети, выводах оборудования.

Параметры реагирования ток и сопротивление с точки зрения обнаружительных свойств принципиально разные. Первый из них фиксирует ток в интересующей цепи сети, безразлично какими причинами он вызван и в каком месте он возник. Место КЗ по току можно определять по его величине, привязанной к топологии сети, ее коммутациям и режимам. Сопротивление является конструкторским параметром, формируется через отношение остаточного напряжения к току, поэтому фиксирует жестко сопротивление независимо от коммутаций и режимов от места установки измерительного органа сопротивления до места КЗ.

Однако данное преимущество сопротивления как параметра реагирования сохраняется только до первого разветвления контролируемой цепи. При КЗ за пределами неразветвленной части защищаемого участка фиксация величин каждого параметра реагирования все в большей степени начинает определяться токами от посторонних источников, подпитывающих место КЗ. Поэтому с точки зрения обнаружительных свойств, анализа расчетов уставок и чувствительности, в целом построения токовых и дистанционных (параметр реагирования – сопротивление) РЗ возникает стереотип ступенчатых защит. Ступенчатые защиты характеризуются уставками (порогами действия) как по параметру реагирования, так и

по времени. Последовательность отработки уставок по времени совместно с уставками по параметру реагирования каналов защит защищаемого и внешних участков позволяют имитировать блокирование ступенчатых защит при внешних КЗ.

Важно отметить, что как система контроля, так и в целом РЗ получает свое замечательное свойство селективности благодаря сетевой структуре систем электроснабжения, секционированию этой структуры коммутационными аппаратами, размещенными в распределительных устройствах электростанций и подстанций. способными ликвидировать КЗ, и канала, блокирующего действие РЗ при внешнем КЗ. Дополнительное секционирование фидеров относительно точек электропотребления на упрощенных подстанциях в системах электроснабжения [1] при наличии двух других названных признаков селективности существенно развивает свойство селективности. Применение для секционирования современных вакуумных выключателей или реклоузеров в сетях электроснабжения позволяет улучшить также и другие базовые свойства РЗ: высокую надежность, быстродействие, чувствительность, которые достигнуты благодаря особенностям конструкции, кинематике, миниатюризации реклоузеров, внедрению новых метрологических и автоматизирующих технологий в их построении.

В [1] представлены возможности реклоузеров в различных применяемых вариантах построения систем электроснабжения. Анализ показывает, что улучшение свойств РЗ участков и линий сети, оборудованной реклоузерами возрастает практически за счет быстродействия и точности отработки операций последних. По условиям электрической прочности и гашения дуги расхождение силовых контактов реклоузера при разрыве отключаемой цепи в вакуумной камере требуется незначительное. Поэтому время отключения и включения реклоузера существенно сокращается. Этому способствует также предусмотренный в схеме реклоузера более точный датчик измерения тока, в котором устранена неизбежная при использовании обычных выключателей погрешность трансформаторов тока. Благодаря этому запасы при отстройке, согласовании и проверке чувствительности по параметру реагирования ступенчатых РЗ могут быть снижены на 20 – 25 %. Повышение точности измерения параметра реагирования РЗ позволяет снизить ступень

селективности по времени до 0,1 – 0,2 с. вместо обычных 0,4 – 0,7 с, что также увеличивает быстродействие РЗ сети, оборудованной реклоузерами.

Несмотря на ряд обсуждаемых технических преимуществ систем электроснабжения с реклоузерами стоимость последних заметно ниже варианта с выключателями. Причем данное соотношение по стоимости в абсолютном выражении сохраняется и при достаточно большом количестве реклоузеров, используемых для продольного секционирования фидеров, по сравнению с выполнением электроснабжения для сети с применением выключателей и разъединителей.

Таким образом, технические преимущества, небольшая стоимость, наличие автономного блока питания в составе каждого реклоузера позволяют в системах электроснабжения с данными коммутационно-защитными аппаратами осуществлять построение ступенчатых РЗ с улучшенными свойствами. Однако остаются недостатки ступенчатых релейных защит, обусловленные метрологической их основой, которая требует количественных расчетов уставок и чувствительности, а, следовательно, достаточно точного знания схемно-конструкторских и режимных параметров электрических схем систем электроснабжения. Но если режимный параметр (сверхпереходные ЭДС), необходимый для расчетов токов КЗ, уставок и чувствительности РЗ, имеет небольшой случайный разброс, то случайное рассеяние сопротивлений схем электрических соединений сетей электроснабжения по разным причинам может оказаться существенным в связи с динамичной реконфигурацией данных сетей по условиям эксплуатации и развития отрасли. Особенно это относится к системам электроснабжения энергоресурсов и в первую очередь нефти и газодобычи. Поэтому система электроснабжения, построенная на реклоузерах, может дать практический эффект, если имеет место точное знание схемных и режимных параметров систем электроснабжения, что нереально. Решить же этот вопрос принципиально возможно, например, либо путем проведения мониторинга токов через защиты участков сети при КЗ в требуемых точках сети по условиям выбора уставок и проверки чувствительности РЗ, что тоже является маловероятным.. Действительно, невозможно представить построенную реальную систему электроснабжения, ожидающую мониторинга токов КЗ для настройки РЗ.

Можно также предложить решение либо посредством применения на каждом участке сети защиты с жестким выделением области действия (дифференциальная защита, защита с каналом обмена информацией между комплектами на концах защищаемого участка), для

функционирования и настройки которых практически никаких расчетов не требуется.

Однако данные защиты являются весьма дорогостоящими по разным причинам. Так, дифференциальные защиты из-за канала взаимодействия, который вследствие большой протяженности сетевых участков имеет большую длину и поэтому требует обеспечить контроль исправности этого канала. То есть, с одной стороны, стоимость затрат на этот канал может быть немалой, а с другой стороны требуется защита данного канала от повреждений, что, является нелогичным и даже абсурдным решением. Защиты с высокочастотным каналом обмена информацией между комплектами по проводам сети требуют для построения защиты высоковольтного оборудования конденсаторов связи, трансформаторов тока, фильтров присоединения, заградителей высокой частоты на концах каждого участка. В данных вариантах затраты на построение канала обмена определяются в основном стоимостью названного оборудования. Но опыт эксплуатации высокочастотных защит показывает достаточно высокую эффективность их применения. Поэтому отрасль внедряет эти защиты.

Однако в [2] предложен способ построения высокочастотных РЗ, в котором высоковольтное оборудование исключено, что достигнуто за счет выполнения защиты на высоковольтном потенциале проводов линии. Канал обмена информацией между электронными комплектами осуществлен по проводам. Недостатком данного предложения для сетей электроснабжения является применение дифференциального принципа выявления КЗ на участках, что требует наличия обязательного физического канала для циркуляции сигналов о токах на концах каждого участка. Реализация наиболее полноценного высокочастотного дифференциально-фазного принципа защиты сетевых участков не требует физического канала для взаимодействия между комплектами аппаратуры на высоковольтных проводах. Этот вариант быстродействующих защит участков сетей электроснабжения предлагается вместо ступенчатых защит.

Литература:

1. Воротницкий В.В., Бузин С.А. Реклоузер – новый уровень автоматизации и управления ВЛ 6 (10) кВ // Новости электротехники. – 2005. – №3 (33).
2. Пат №2393606 РФ, МПК Н02Н 3/02, Н02Н 3/38. Способ построения и настройки релейной защиты линий с жестким указанием места повреждения // А.В.Шмойлов, С.А. Овчинников; заявитель и патентнообладатель Томский политехнический университет; опубл.27.06.2010, бюлл №18.