

УДК 621.316

ТОКОВАЯ НАПРАВЛЕННАЯ ЗАЩИТА

Конохов М.С.

Научный руководитель – Гурьянчик О.А.

Релейная защита (РЗ) осуществляет автоматическую ликвидацию повреждений и ненормальных режимов в электрической части энергосистем и является важнейшей системой, обеспечивающей их надёжную работу. В современных условиях значение релейной защиты особенно возрастает в связи с ростом мощностей электростанций, ростом напряжений электрических сетей, объединением энергетических сетей в единую.

Свойства релейной защиты:

– Селективность (избирательность) – свойство РЗ, характеризующее способность выявлять именно поврежденный элемент электроэнергетической системы и отключать этот элемент от исправной части электроэнергетической системы (ЭЭС). Защита может иметь абсолютную или относительную селективность.

– Быстродействие – свойство РЗ, характеризующее скорость выявления и отделения от электроэнергетической системы повреждённых элементов. Показателем быстродействия является время срабатывания защиты – это интервал времени от момента возникновения повреждения до момента отделения от сети повреждённого элемента.

– Чувствительность – свойство, характеризующее способность РЗ выявлять повреждения в конце установленной для неё зоны действия в минимальном режиме работы энергосистемы. Показателем чувствительности выступает коэффициент чувствительности, который для максимальных защит (реагирующих на возрастание контролируемой величины) определяется как отношение минимально возможного значения сигнала, соответствующего отслеживаемому повреждению, к установленному на защите параметру срабатывания (уставке).

– Надёжность – свойство, характеризующее РЗ действовать правильно и безотказно во всех режимах контролируемого объекта при всех видах повреждений и ненормальных режимов. Иными словами, надёжность – это свойство релейной защиты, характеризующее её способность выполнять свои функции в любых условиях эксплуатации. Основные показатели надёжности – время безотказной работы и интенсивность отказов (количество отказов за единицу времени).

Токовыми направленными защитами (ТНЗ) называются защиты с относительной селективностью, реагирующие на ток и направление (знак) мощности короткого замыкания (КЗ) в месте их включения.

Необходимость в применении направленных РЗ возникает в сетях с двухсторонним питанием и в кольцевых сетях с одним источником питания. При двухстороннем питании места КЗ для ликвидации повреждения РЗ должна устанавливаться с обеих сторон защищаемой ЛЭП.

Принципы выполнения селективной защиты в сетях с двусторонним питанием:

1. Защита должна устанавливаться с обеих сторон каждой линии и действовать при направлении мощности от шин в линию.

2. Выдержки времени на защитах, работающих при одном направлении мощности, должны согласовываться между собой по ступенчатому принципу, нарастая по направлению к источнику питания, от тока которого действуют направленные защиты: $t_2 > t_4 > t_6 > t_8$; $t_1 < t_3 < t_5 < t_7$.

Направленная токовая защита при КЗ должна реагировать на значение тока и направление мощности в поврежденных фазах защищаемой ЛЭП.

Она включает в себя два основных элемента:

- два пусковых измерительных органа тока (ИОТ);
- два органа направления мощности (ОНМ).

Орган направления мощности включается, как правило, на фазный ток и междуфазное напряжение. Сочетание фаз тока и напряжения реле, называемое схемой включения, должно быть таким, чтобы реле правильно определяло знак мощности КЗ при всех возможных случаях и видах повреждений, и чтобы к ОНМ подводилась возможно большая мощность.

Требования к схемам включения:

1. ОНМ должно подключаться на такое напряжение, которое при близких КЗ не снижается до нуля;

2. Напряжение и ток, подводимые к ОНМ, должны подбираться так, чтобы угол сдвига между ними φ_p в условиях КЗ не достигал значений, при которых мощность на зажимах реле приближается к нулю.

Следует отметить, что первое требование выполнимо только при двух- и однофазных КЗ, в случае же трёхфазного КЗ все фазные и междуфазные напряжения могут снижаться до нуля.

ОНМ должен устанавливаться на тех защитах, у которых при направлении мощности КЗ к шинам нельзя обеспечить селективность посредством выдержки времени. Исключение органов направления мощности у ряда защит существенно экономит средства на организацию РЗ сети. Проектирование направленных защит в сетях следует начинать с вопроса необходимости использования органов направления мощности.

В современных схемах ТНЗ применяется включение органа направления мощности по так называемым 90° и иногда 30° схемам.

Токовые направленные отсечки (ТНО) применяются в сети с двусторонним питанием, когда обычная отсечка оказывается слишком грубой. Зона отсечки с применением реле направления мощности значительно увеличивается. Вследствие наличия мертвой зоны у реле направления мощности ТНО должна применяться только в тех случаях, когда обычная отсечка не удовлетворяет условию чувствительности.

Схема мгновенной ТНО отличается от схемы ТНЗ только отсутствием реле времени.

Как и обычные отсечки, ТНО выполняется как мгновенной, так и с выдержкой времени. Выдержки времени ТНЗ выбираются по условию селективности. В ряде случаев применяются трёхступенчатые ТНЗ, состоящие из мгновенной отсечки, отсечки с выдержкой времени и чувствительной МТЗ. Применение ступенчатой ТНЗ следует рекомендовать во всех случаях, когда она удовлетворяет требованиям чувствительности и быстродействия.

Мертвая зона является существенным недостатком всех защит, в состав которых входят органы направления мощности. Цифровые направленные защиты при отклонении частоты от номинального значения могут неправильно работать. Это определяется особенностями поведения ОНМ. Сбои в работе происходят в случаях:

- ОНМ находится на пределе срабатывания;
- при возникновении близких симметричных КЗ.

Чтобы отмеченные недостатки были устранены, при использовании для выполнения ОНМ ортогональных составляющих (ОС) тока и напряжения необходимо формировать их таким образом, чтобы угол между ОС был равен $\pi/2$ независимо от изменений частоты.

Для обеспечения отключения КЗ в пределах мёртвой зоны лучше использовать ненаправленную токовую отсечку, если её зона действия перекрывает мёртвую зону направленной защиты. В РЗ на микропроцессорной базе наиболее распространённым методом устранения мёртвой зоны является работа ОНМ по «памяти». Эта работа может быть организована несколькими способами:

- путём запоминания состояния ОНМ в целом;
- путём запоминания отсчётов ОС напряжения с проверкой условия срабатывания ОНМ при изменяющемся токе.

При использовании первого способа после восстановления напряжения ОНМ выходит из режима работы по «памяти», и восстанавливается проверка его состояния.

Во втором случае при отклонении частоты от номинального значения ОНМ периодически изменяет своё состояние. Введение соответствующей коррекции немного

улучшает работу органа, но полностью устранить изменение состояния ОНМ не удаётся. Это является недостатком данного способа.

Однако опыт эксплуатации показывает, что в случае применения чувствительных реле отказ последних из-за мертвой зоны крайне редок вследствие малого значения длины мёртвой зоны.

Принцип действия направленной токовой защиты прост и надёжен и позволяет обеспечить селективную релейную защиту с двухсторонним питанием. Сочетание направленных отсечек с ТНЗ даёт возможность получить ступенчатую РЗ, во многих случаях обеспечивающую достаточную быстроту отключения КЗ и чувствительность.

К недостаткам следует отнести:

- большие выдержки времени, особенно вблизи источников питания;
- недостаточную чувствительность в сетях с большими нагрузками и небольшими относительно их кратностями тока КЗ;
- мёртвую зону при трёхфазных КЗ;
- возможность неправильного выбора направления при нарушении цепи напряжения, питающей РНМ.

Максимальная направленная РЗ широко применяется в качестве основной РЗ сетей напряжением до 35 кВ с двухсторонним питанием и в простых кольцевых сетях с одной точкой питания.

В сетях 110 и 220 кВ направленная токовая защита применяется в основном как резервная, а иногда, в сочетании с отсечкой, как основная, если она удовлетворяет требованиям по чувствительности и быстродействию.

Литература

1. Басс, Э.И. Релейная защита электроэнергетических систем / Э.И. Басс, В.Г. Дорогунцев / Под ред. А.Ф. Дьякова. – М. : Издательский дом МЭИ, 2006. – 296 с.
2. Чернобровов, Н.В. Релейная защита энергетических систем: учеб. пособие для техникумов / Н.В. Чернобровов, В.А. Семёнов. – М. : Энергоатомиздат, 2007. – 800 с.
3. Гурьянчик, О.А. Организация функционирования органа направления мощности в микропроцессорных токовых направленных защитах / О.А. Гурьянчик // Наука и техника: международный научно-технич. журнал. – 2013. – № 3. – С. 56–58.
4. Федосеев, А.М. Релейная защита электроэнергетических систем: учеб. для вузов / А.М. Федосеев, М.А. Федосеев. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 528 с.