

Следует подчеркнуть, что стационарное и автоматическое деление сетей в эксплуатации является вынужденным решением в условиях отсутствия эффективных серийно поставляемых электропромышленностью токоограничивающих устройств. Поэтому деление сети должно рассматриваться как внутренний резерв энергосистем.

Для научно обоснованного решения вопроса о координации уровней токов КЗ и параметров оборудования на различных этапах необходима информация о динамике изменения во времени (предыстория, данный момент, перспектива на 5–15 лет) интегральных параметров энергосистем и параметров электрооборудования. Эта информация должна включать в себя как минимум следующие данные: уровни токов однофазного и трехфазного КЗ, кривые распределения уровней токов КЗ по узлам сетей различного напряжения, число и параметры установленных в сетях выключателей, трансформаторов и автотрансформаторов (блочных и связи), генераторов, реакторов и токоограничивающих устройств, число точек стационарного и автоматического деления сети, потребное количество выключателей различных параметров на перспективу при запланированной структуре и параметрах сетей энергосистемы; общую длину линий электропередачи различного напряжения; площадь электроснабжения энергосистемы, плотность нагрузки; плотность сети; плотность генерирующих мощностей; уровни и кривую распределения наибольших скоростей восстанавливающегося напряжения для основных узлов энергосистемы; технико-экономические параметры электрооборудования, включая зависимость стоимости выключателей различного типа от номинального тока отключения и нормированной скорости собственного восстанавливающегося напряжения; коэффициенты распределения выдаваемой мощности электростанций непосредственно в сети различного напряжения. Естественно, что степень полноты исходной информации, ее достоверность, объективный анализ и учет в значительной степени определяют качество принимаемых решений по координации уровней токов КЗ в энергосистемах.

Литература

1. Неклепаев, Б.Н. Координация и оптимизация уровней токов короткого замыкания в электрических системах. – М.: Энергия, 1978.
2. Руководящие указания по расчёту коротких замыканий, выбору и проверке аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания. – М.: МЭИ, 1980.
3. Ульянов, С.А. Электромагнитные переходные процессы. – М.: Энергия, 1970.
4. Пивняк, Г.Г. и др. Переходные процессы в системах электроснабжения. – М.: Энергоиздат, 2003.

УДК 621.314.222.6

БРОСКИ ТОКА НАМАГНИЧИВАНИЯ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

Радюк В.В., Девятков А.В., Савчук Р.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент **ТИШЕЧКИН А.А.**

На трансформаторах мощностью более 7,5 МВА в качестве основной защиты устанавливается продольная дифференциальная токовая защита. Принцип действия защиты аналогичен защите линий электропередачи. Однако особенности трансформатора как объекта защиты приводят к тому, что ток небаланса в дифференциальной защите трансформатора значительно больше, чем в дифференциальных защитах других элементов системы электроснабжения, обусловленных бросками тока намагничивания.

Бросок тока намагничивания возникает при включении трансформатора под напряжение или при восстановлении напряжения после отключения внешнего КЗ.

Ток намагничивания трансформатора в нормальном режиме работы невелик и составляет 2–3 % номинального тока. После отключения внешнего КЗ, как и при включении трансформатора под напряжение, возникающий бросок тока намагничивания может превышать номинальный ток в 6–8 раз.

Значение тока при броске зависит от момента включения трансформатора под напряжение. Наибольшее значение бросок тока намагничивания имеет при включении трансформатора в момент, когда мгновенное значение напряжения равно нулю.

Бросок тока намагничивания содержит большую апериодическую слагающую, а также значительный процент высших гармоник (прежде всего второй).

Затухание броска происходит медленнее, чем тока КЗ. В результате кривая броска тока намагничивания может оказаться смещенной по одну сторону оси времени.

Отстройка защиты по току срабатывания имеет очень низкую защитоспособность, а при отстройке по времени – теряет быстроту срабатывания.

При регулировании коэффициента трансформации трансформатора соотношение между первичными, а следовательно, и между вторичными токами 1ТТ и 2ТТ изменяется, что также приводит к появлению тока небаланса в дифференциальной цепи защиты. Различия типов ТТ, их нагрузок и кратностей токов внешнего КЗ. Трансформаторы тока ТТ дифференциальной защиты трансформатора устанавливаются на сторонах трансформатора, имеющих различное напряжение, поэтому они не могут быть одинаковыми. Кроме того, схемы соединения вторичных обмоток ТТ также различны, а следовательно, трансформаторы тока имеют разную нагрузку. Различны у разных групп ТТ (особенно в случае трехобмоточного трансформатора) и кратности тока внешнего КЗ по отношению к их номинальным токам. Все это обуславливает разные погрешности у разных групп ТТ, что приводит к появлению повышенных токов небаланса в дифференциальной цепи защиты при внешних КЗ.

Для повышения чувствительности применяют реле и схемы, основные из которых: реле с промежуточными насыщающимися трансформаторами в дифференциальной цепи, реле с торможением. Следует отметить, что определение составляющей расчетного тока небаланса $I_{нб}''$ обусловленной регулированием напряжения защищаемого трансформатора, и расчетных чисел витков обмоток промежуточных насыщающихся трансформаторов тока реле защиты производится с учетом одинакового максимального регулирования $\pm DU_{\max}$ в обе стороны по отношению к среднему положению переключателя РПН, принимаемого в качестве расчетного. Такой учет регулирования напряжения соответствует определению оптимальной уставки защиты только при условии независимости сопротивления трансформатора и тока КЗ от положения переключателя РПН. Недостатком этой защиты является, небольшое замедление из-за наличия некоторой апериодической слагающей в токе КЗ.

В процессе увеличения чувствительности дифференциальной токовой защиты трансформатора предусматривают более эффективную (по сравнению с защитой с РНТ) отстройку от броска тока намагничивания трансформатора, используя: несинусоидальность броска тока намагничивания; наличие в нем апериодической слагающей; наличие провалов (ниже заданного уровня) в кривой тока. Защиты, выполненные на этих принципах, имеют меньший ток срабатывания.

Для защиты мощных трансформаторов желательно устанавливать защиту с током срабатывания $(0,2 - 0,3)I_{т ном}$.

В настоящее время выпускается полупроводниковая дифференциальная токовая защита типа ДЗТ-21, ток срабатывания которой равен примерно $0,3I_{т ном}$. Данная защита предназначена для использования ее в качестве основной защиты трех фаз силовых трансформаторов и автотрансформаторов при всех видах коротких замыканий и

позволяет обеспечить торможение от двух групп трансформаторов тока. Комплектно с защитой поставляются приставки типа ПТ 1 и автотрансформаторы типов АТ 31, АТ 32. Приставка дополнительного торможения типа ПТ 1 предназначена для создания торможения от одной группы трансформаторов тока и используется в тех случаях, когда требуется обеспечить торможение от трех или четырех групп трансформаторов тока. Автотрансформаторы тока типов АТ 31, АТ 32 предназначены для расширения диапазона выравнивания токов плеч одной фазы защиты и для ее подключения к трансформаторам тока с номинальным вторичным током 1 А.

Литература

1. Федосеев, А.М., Федосеев, М.А. Релейная защита электроэнергетических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1992.
2. Ванин, В.К., Павлов, Г.М. Релейная защита на элементах вычислительной техники. – Л.: Энергоатомиздат, 1991.

УДК 621.316.925

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 6–10 КВ

Сидорович И.А., Сабатов С.Т., Парков А.Н.
Научный руководитель – **КЛИМКОВИЧ П.И.**

После распада Союза ССР потребление в сетях резко упало, а финансирование проектов технического перевооружения распределительных сетей полностью прекратилось. В результате сети находятся в неудовлетворительном состоянии, а надежность электроснабжения на низком уровне. В условиях реформирования отрасли, создания сетевых компаний и перехода на рыночные отношения объективно назревает угроза выставления исковых требований к сетевым компаниям со стороны потребителей за неудовлетворительные показатели качества и надежности электроснабжения, а соответственно, возникает проблема автоматизации и повышения надежности процесса электроснабжения потребителей и, как следствие, проблема привлечения инвестиций на реализацию таких мероприятий.

Основная цель работы – привлечение внимания энергетиков России, Белоруссии и Казахстана к проблемам реконструкции, технического перевооружения, автоматизации и повышения надежности распределительных сетей среднего напряжения.

В этой работе рассматривается важность проблемы автоматизации и повышения надежности распределительных сетей 6–10 кВ в условиях реформирования отрасли, создания сетевых компаний и перехода на рыночные отношения, необходимость разработки единой технической политики регулирующих органов, определяющей основные направления развития распределительных сетей.

Реклоузер (от английского recloser – переключатель) – пункт автоматического секционирования воздушных распределительных сетей столбового исполнения, объединивший в себе вакуумный коммутационный модуль со встроенными измерительными датчиками тока и напряжения, автономную систему оперативного питания, микропроцессорную систему релейной защиты и автоматики, систему портов для подключения устройств телемеханики, комплекс программного обеспечения.

Реклоузер способен решать задачи оперативного переключения в распределительной сети (местная и дистанционная реконфигурация сети), автоматического от-