

УДК 621.316

Способы уменьшения тока небаланса в дифференциальных токовых защитах трансформаторов

Романюк Д. А., Ткаченко А.О.

Научный руководитель - ассистент Булойчик Е.В.

При внешних КЗ и нагрузке обеспечить полный баланс вторичных токов, поступающих в реле, не удастся. Вследствие неравенства вторичных токов в реле в вышеуказанных режимах появляется ток небаланса, который может вызвать неправильную работу защиты.

Неравенство вторичных токов обусловлено следующими факторами: погрешностью трансформаторов тока (ТА); изменением коэффициента трансформации силового трансформатора при регулировании напряжения; неполной компенсацией неравенства вторичных токов в плечах защиты; наличием намагничивающих токов силового трансформатора, вносящих искажение в его коэффициент трансформации.

Насыщение трансформаторов тока при внешних КЗ, особенно с большой апериодической составляющей, приводит к появлению значительных токов небаланса в дифференциальной защите трансформатора из-за различия характеристик намагничивания разнотипных ТА на сторонах высшего, среднего и низшего напряжения; остаточных индукций ТА, зависящих от предшествующего режима стороны трансформатора; сопротивлений плеч защиты; групп соединения ТА.

При неодинаковых схемах соединения обмоток силового трансформатора, например звезда - треугольник, токи со стороны обмотки, соединенной в звезду, и токи со стороны обмотки, соединенной в треугольник, оказываются сдвинутыми относительно друг друга на некоторый угол, который зависит от схемы соединения обмоток. Угловой сдвиг токов создает большие токи небаланса в реле дифференциальной защиты. Для компенсации углового сдвига вторичные обмотки ТА, установленных со стороны обмотки трансформатора, соединенной в схему звезды, соединяются в треугольник, а вторичные обмотки ТА со стороны обмотки трансформатора, соединенной в схему треугольника, соединяются в звезду. Для трансформаторов тока, вторичные обмотки которых соединены в треугольник, нагрузка увеличивается в корень из трех раз. Иначе говоря, даже при одинаковом сопротивлении в плечах защиты, трансформаторы тока, соединенные в треугольник, более загружены, чем ТА, соединенные в звезду.

Переменная составляющая тока небаланса, обусловленного насыщением трансформатора тока, как правило, по форме сильно отличается от синусоиды. Первая гармоника сдвинута по фазе относительно первичного тока насыщенного трансформатора тока из-за преобладания активного сопротивления во вторичной цепи. Появление тока небаланса после возникновения внешнего КЗ происходит с задержкой на время насыщения ТА.

Переключение ответвлений обмоток трансформатора в процессе эксплуатации и неточность уравнивания токов плеч вызывают синусоидальную составляющую тока небаланса, совпадающую по фазе с первичным током трансформатора тока и пропорциональную этому току.

Для того, чтобы устранить или свести к минимуму ток небаланса, возникающий по причине неравенства вторичных токов, применяются в основном три способа:

– выравнивание вторичных токов, подводимых к дифференциальному реле, с помощью промежуточных трансформаторов тока, включенных в плечи дифференциальной защиты;

- выравнивание в самом дифференциальном реле магнитодвижущих сил (МДС), создаваемых неодинаковыми по значению токами плеч дифференциальной защиты;
- использование неодинаковых схем соединения обмоток трансформатора.

Наряду с совершенствованием способов распознавания токов небаланса при внешних КЗ и отстройки от них разрабатываются способы устранения тех или иных причин возникновения токов небаланса. Прежде всего, чтобы уменьшить составляющую тока небаланса, обусловленную погрешностью трансформаторов тока, следует подбирать ТА и их вторичную нагрузку таким образом, чтобы они не насыщались при максимальном значении тока сквозного КЗ. Для этого трансформаторы тока выбираются по кривым предельной кратности или характеристикам намагничивания так, чтобы погрешность ТА не превышала 10 %.

Устранить влияние остаточных индукций можно, применяя ТА с малым зазором или с подмагничиванием постоянным током. Применение рациональных способов отстройки при внешних КЗ и фиксации броска намагничивания тока (БНТ) снимает требование выбора тока срабатывания дифференциальной защиты по условию отстройки от этих режимов. При этом расчетным для выбора тока срабатывания становится режим максимальной нагрузки.

Для уменьшения влияния РПН на ток срабатывания защиты можно использовать следующие способы:

- использование чувствительной приставки, включенной на токи симметричных составляющих нулевой или обратной последовательности, которые малы в нагрузочном режиме, следовательно, мал небаланс в приставках, выполненных по дифференциальному и дифференциально–фазному принципам;

- использование напряжений на регулируемой и нерегулируемой сторонах трансформатора, приращений дифференциального тока и тока нагрузки для отстройки или адаптации дифференциальной защиты к положению устройства РПН;

- использование в дифференциальной защите не токов, а мощностей, поскольку их соотношение на сторонах трансформатора слабо зависит от коэффициента трансформации силового трансформатора.

Применение микропроцессорных технологий обработки информации при повышении качества входных промежуточных трансформаторов тока современных терминалов РЗА позволяет получить ряд преимуществ устройств релейной защиты и, в частности, дифференциальных защит. Раннее выявление повреждения благодаря высокой чувствительности (0,1–0,3 номинального тока электроустановки) и быстрдействию (10–15 мс для защит шин и 22–28 мс для защит другого оборудования) позволяет уменьшить степень повреждения и время восстановления защищаемого объекта.

Микропроцессорная база позволяет существенно повысить (по сравнению с электромеханическими и микроэлектронными устройствами) технические характеристики дифференциальной защиты различного первичного оборудования (постоянная самодиагностика, высокая селективность, чувствительность и быстрдействие) за счет применения более совершенных алгоритмов.

В цифровых устройствах, как правило, производится компенсация фазового сдвига токов в обмотках силового трансформатора математическим путем. При этом электрическое соединение измерительных трансформаторов тока сторон ВН и НН – всегда в звезду, а группа соединений трансформатора и полярность ТА вводится в реле в виде уставки. Это позволяет уменьшить нагрузку на измерительные ТА, а также обеспечивает корректную работу устройства.

Выравнивание токов плеч ДЗТ можно выполнить двухступенчатым: грубое предварительное выравнивание путем установки коэффициентов трансформации на

входных измерительных трансформаторах тока и точное окончательное выравнивание, выполняемое программным способом. Тогда установка внешних выравнивающих трансформаторов не требуется.

Для работы дифференциальной защиты необходимы номинальные вторичные токи обмоток ВН и НН силового трансформатора, соответствующие его номинальной мощности. Значения номинальных токов обмоток трансформатора рассчитываются для случая, когда в РПН установлено среднее ответвление, а еще лучше – на «оптимальное» ответвление.

Реально же в ходе эксплуатации трансформатора положение РПН меняется, что вызывает изменение номинального тока высшей стороны трансформатора. А это, в свою очередь, увеличивает погрешность работы дифференциальной защиты. Поэтому в некоторых устройствах защиты (например, Сириус-Т) производится коррекция погрешности путем контроля соотношения токов сторон в нагруженном режиме (сравниваются только токи фазы А). Коррекция работает только при нагрузках не менее 30 % от номинальной и действует медленно. Поэтому она не функционирует ни при малых нагрузках, ни при коротких замыканиях.

Литература

1. Засыпкин А.С. Релейная защита трансформаторов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 240 с.
2. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 560 с.
3. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. – М.: Издательство МЭИ, 2000. – 199 с.
4. Овчаренко Н.И. Микропроцессорные комплексы релейной защиты и автоматики распределительных электрических сетей. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 1999. – 64 с.
5. Руководство по эксплуатации микропроцессорного устройства защиты «Сириус-Т».
6. Руководство по эксплуатации комплекса защит подстанционного оборудования производства НТЦ «Мехатроника».