

вынікамі, атрыманымі па [2], паказалі, што токі КЗ, разлічаныя па [2], знаходзяцца ў прамежку паміж максімальным і мінімальным значэннямі токаў КЗ, атрыманых па [1].

У праграме прадугледжана база дадзеных, куды заносіцца існуючая схема АПТ энергааб'екта з параметрамі АБ, кабеляў, камутацыйных апаратаў і плаўкіх засцерагальнікаў. У выніку работы праграмы, акрамя ўзроўняў токаў КЗ, выдаецца інфармацыя аб тэрмічнай ўстойлівасці кабеляў і аб селектыўнасці работы камутацыйных апаратаў.

Літаратура

1. ГОСТ 29176-91. Короткие замыкания в электроустановках. Методика Расчета в электроустановках постоянного тока. – М.: Изд-во стандартов, 1992.
2. МУ 34-7-035-83. Методические указания по расчету защит в системе постоянного тока тепловых электростанций и подстанций. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.

УДК 621.316.35

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ПЛЯСКИ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Андрукевич А.П., Дерюгина Е.А.

Пляска возникает при образовании на проводах воздушных линий электропередачи асимметричного гололедного осадка и ветровом воздействии на них. Во время пляски провода движутся в вертикальной плоскости со значительной амплитудой колебания и низкой частотой. В результате пляски происходят замыкания между проводами и между проводами и тросами, обрывы проводов, износ линейной арматуры и пр. Значительный ущерб от пляски проводов инициировал ее теоретические, экспериментальные и полевые исследования.

До сегодняшнего дня было разработано много оригинальных решений по ограничению пляски проводов, но никаких однозначных решений по борьбе с этим явлением не было найдено. Идеальным решением был бы, новый тип многожильного провода с большим внутренним амортизационным соотношением, но, к сожалению, существующие провода имеют очень низкое амортизационное соотношение.

В настоящее время имеется три основных класса предложений по борьбе с пляской проводов.

Первый – на наличие пляски может влиять электрическая нагрузка передаваемая линией, так как увеличение температуры может в целом предотвратить обледенение. Но для того, чтобы иметь достаточный уровень температуры, требуется увеличение мощности передачи, что вызывает большие потери для энергосистемы.

Второй – увеличить запас прочности конструкции и видоизменить конфигурацию линии передач – увеличение изоляционного промежутка, с целью устранения опасных сближений проводов. Это дорого, однако это широко применяется, так как надежных методов подавления пляски проводов на данный момент не существует.

Третий – добавить механические устройства (гасители) на воздушные линии, активно воздействующие на процессы гололедообразования и пляски проводов.

Более детально в докладе рассмотрен третий класс, как для одиночного провода, так и для расщепленного.

В третий класс включены устройства ограничения пляски проводов: направленные на увеличение энергии потерь при колебаниях проводов; связанные с уменьшением активной энергии при пляске за счет изменения формы отложения в процессе гололедообразования; связанные с уменьшением активной энергии путем принудительного воздействия на линейные и крутильные движения провода.

Для расщепленных проводов используются распорки с вращающимися зажимами с которыми установлены эксцентричные грузы, как и на одиночных проводах. Широко используется комбинация различных способов подавления пляски проводов. В Бельгии разработан новый демпфер пляски расщепленных проводов типа TDD, сочетающий принципы расстройки маятниковой системой и демпфирования крутильных колебаний. TDD имеет динамическое действие способное избегать перемещения энергии от кручения к вертикальному движению. Ослабление скручивания с помощью TDD увеличивает критическую скорость ветра при которой начинается пляска. Гаситель прошел успешные испытания в полевых условиях и рекомендован для применения.

В связи с отсутствием надежных методов подавления и ограничения пляски проводов, в этой области требуются как теоретические, так и практические работы по созданию и применению устройств по борьбе с этим явлением.

УДК 621.314.222.6

О ПРИНЦИПАХ ВЫПОЛНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРА

Томкевич А.П.

Существующие дифференциальные защиты трансформаторов анализируют разность приведенных токов со стороны высшего и низшего напряжений и в случае превышения величины уставки, обусловленной различного рода небалансами, выдают сигнал на отключение трансформатора. Традиционно выполняется общая защита для всех обмоток, требующая учета схем соединения обмоток, отстройки от аномальных режимов и работы устройства РПН, что приводит к увеличению тока срабатывания. Такой подход позволяет независимо решать вопросы проектирования трансформатора и его релейной защиты.

Теоретически возможна реализация дифференциальной защиты индивидуально для каждой из обмоток. Это техническое решение требует изменений в конструкции трансформатора – установку дополнительных трансформаторов тока (ТТ), а также большего числа измерительных органов, что приводит к его экономической неэффективности.

Основным аномальным режимом, обуславливающим значительный коэффициент отстройки при расчете тока срабатывания, является бросок тока намагничивания (БТН), возникающий при включении трансформатора или при устранении внешнего короткого замыкания и превышающий номинальный ток трансформатора ($I_{ном}$) в 6–8 раз [1].

Разработанные способы отстройки от БТН и сверхтоков внешних КЗ [1, 2] с использованием быстронасыщающихся трансформаторов (реле РНТ-56х) и торможением от токов плеч (реле ДЗТ-11) обеспечивают ток срабатывания защиты порядка $(1–1,2)I_{ном}$. В случае применения реле, дополнительно реализующих принципы распознавания сигналов (ДЗТ-21 или устройства ЯРЭ-2201 на микроэлектронной базе) удастся достичь тока срабатывания в пределах $(0,3–0,7)I_{ном}$.

В современных цифровых защитах трансформаторов получило развитие второе направление. Фактически переход на новую элементную базу позволил адаптивно выбирать плечо торможения, улучшить характеристики фильтрации сигнала и осуществлять контроль по следующим критериям: процентное содержание второй гармоники в первичном токе и характерной форме кривой тока при БТН, что привело к снижению тока срабатывания защиты до $(0,15–0,4)I_{ном}$. Как и предшественники, цифровые защи-