

ты не всегда реагируют на витковые замыкания обмоток – для ликвидации таких режимов предусмотрена газовая защита. Добиться удовлетворительной чувствительности к витковым замыканиям удалось лишь для определенного вида повышающих трансформаторов [2].

В настоящее время основными задачами исследований в области совершенствования дифференциальных защит трансформатора являются уменьшение тока срабатывания защиты до величин $(0,03 - 0,1)I_{ном}$ и обеспечение 100 %-ной защитоспособности объекта.

Цифровая элементная база открывает перед разработчиками новые возможности – использование математических моделей не только для исследований режимов работы оборудования, но и для построения на их базе непосредственно устройств релейной защиты. Это преимущество уже используется для реализации тепловых защит двигателей, генераторов, трансформаторов и др. оборудования. Решение тепловой модели объекта позволяет отказаться от применения тепловых датчиков, контролировать температуру в труднодоступных местах. Используемые математические модели характеризуются относительной простотой, а существенная инертность процессов позволяет не учитывать влияние импульсных помех и не требует значительных вычислительных мощностей.

Разрабатываемый алгоритм функционирования устройства релейной защиты трансформатора от внутренних повреждений, выполненного на основе математической модели, сохраняет дифференциальный принцип. Основопологающим отличием от существующих защит является сравнение (вычитание) трансформированных реальных первичных токов и вычисленных «модельных» токов трансформатора. Такой подход не требует отстройки от аномальных режимов, т. к. они воспроизводятся математической моделью.

Ключевые задачи, возникающие при реализации описанной защиты состоят в следующем:

- модель трансформатора должна гарантированно решаться в реальном времени (за 0.2–0.5 мс) и содержать в себе наименьшую погрешность;
- необходимость использования моделей ТТ, позволяющих уточнить вторичные токи ТТ при их насыщении;
- необходимость использования цепей напряжения для получения сведений о текущем режиме энергосистемы (исходные данные для модели трансформатора);
- наличие адекватных и простых аппроксимаций кривых намагничивания, а также конструктивных параметров силового трансформатора и трансформаторов тока.

Литература

1. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 528 с.
2. Засыпкин А.С. Релейная защита трансформаторов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 240 с.

УДК 621.311

ВЫБОР ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ 10–35 КВ

Булавина Т.А., Климович А.К., Вабищевич А.Г.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РЖЕВСКАЯ С.П.

Правильный подбор ограничителей перенапряжений является очень важным, так как имеет решающее влияние на правильную работу ограничителя. Чаще всего причинами аварий ограничителей является не правильно проведенный их выбор.

Правильный подбор ограничителей без искровых промежутков заключается в правильном определении: длительно допустимого рабочего напряжения; номинального разрядного тока; способности поглощения энергии; устойчивости к короткому замыканию.

Подбор по длительно допустимому рабочему напряжению.

Касается ограничителей подключённых между фазой и землей.

Сеть с изолированной или резонансно-заземлённой нейтралью

$$U_c \geq U_m.$$

Если короткое замыкание на землю выключается в течение 10 секунд, то обязывает формула:

$$U_c \geq 0,75U_m.$$

Сеть с эффективно заземлённой нейтралью

$$U_c \geq 1,1 \frac{U_m}{\sqrt{3}}.$$

В первую очередь делается выбор длительно допустимого рабочего напряжения U_c , как наиболее важного параметра ограничителя. При выборе должны быть выполнены два основных условия:

– U_c должно быть больше сетевого напряжения, которое может долговременно появиться в условиях эксплуатации на зажимах ограничителя.

– Устойчивость к медленно изменяющимся перенапряжениям должна быть выше от ожидаемых в сети медленно изменяющихся перенапряжений, т. е. вольт-временная характеристика устойчивости ограничителя должна находиться выше значений ожидаемых перенапряжений, которые могут появиться в сети.

Выбор номинального разрядного тока.

В воздушных линиях среднего напряжения при отсутствии грозозащитных тросов существует вероятность непосредственного попадания молнии в линию. Разрядный ток в ограничителе обычно меньше чем грозовой ток. Импульсная волна в линии распространяется от места удара в обе стороны. Кроме того, появление перекрытия на изоляции линии приводит к отведению значительной части грозового тока в землю, а импульсная волна по пути протекания в линии поддаётся сильному гашению.

Экстремальные значения разрядного тока в ограничителе могут появиться при попадании молнии в линию поблизости от ограничителя. Вероятность появления определенного значения разрядного тока, вызванного непосредственным попаданием молнии в линию зависит от многих факторов таких как: уровень изоляции линии (линия на деревянных столбах с заземлённой или не заземлённой распоркой), уровень изоцеранничный в районе линии, расстояние удара от ограничителя и т. п.

Для защиты распределительных трансформаторов в линиях средних напряжений, без проведения четкого анализа системы сети, как общее указание надо принимать:

– В сетях, в которых расстояния между местами монтажа ограничителей не большие (ниже 5 км), достаточную защиту распределительным трансформатором обеспечивают ограничители 5 кА, даже в случае линии на деревянных столбах с не заземлённой распоркой.

– В других случаях нужно применять ограничители 10 кА.

– В каждом случае ограничители 10 кА обеспечивают высший уровень безотказности и низший уровень защиты.

Выбор способности поглощения энергии.

В каталогах часто ограничителям средних напряжений приписывается класс разряда длинной линии. Это следует из испытания действия, производимого на элементах из которых также часто строятся ограничители больших и наибольших напряжений и

это свидетельствует о том, что эти ограничители могли бы работать с длинными линиями передачи. Однако выбор класса разряда длинной линии не имеет практического применения в сетях средних напряжений. Способность поглощения энергии всех типов ограничителей GX, независимо от приписываемого им “класса разряда длинной линии”, значительно выше энергии, связанной с зарядом воздушной линии среднего напряжения.

В сетях средних напряжений, кроме энергии грозových разрядов, наибольшие энергии могут выделяться в ограничителе в случае выключения больших батарей конденсаторов или кабелей выключателями, в которых выступают вторичные зажигания дуги. В этом случае принимается коэффициент перенапряжения $k = 3$, а энергия определяется следующим уравнением:

$$E = \frac{1}{2} C \left[\left(3 \frac{U_m}{\sqrt{3}} \sqrt{2} \right)^2 - (U_r \sqrt{2})^2 \right],$$

где U_m – наибольшее напряжение сети;

U_r – номинальное напряжение ограничителя.

Для большинства случаев сети среднего напряжения, все типы ограничителей GX исполняют требования, возникающие из возможных энергетических опасностей ограничителя. Выбор ограничителя с соответствующей способностью поглощения энергии может быть необходим только в случае существования в сети очень больших батарей конденсаторов.

Класс устойчивости к короткому замыканию должен быть выше от ожидаемого значения тока короткого замыкания сети в месте монтажа ограничителя. Выбор требуемого класса устойчивости короткого замыкания гарантирует, что в случае повреждения ограничителя и протекания через него тока короткого замыкания сети корпус ограничителя не взорвется.

Правильный выбор ограничителей позволяет помимо прочего уменьшить воздушные изоляционные промежутки по сравнению с ПУЭ для РУ, защищенных разрядниками, и, сократив габариты РУ, получить значительный экономический эффект.

УДК 621.315

ПРИБЛИЖЕННАЯ ПРОВЕРКА СБЛИЖЕНИЯ И СХЛЕСТЫВАНИЯ ГИБКИХ ШИН В РЕЖИМЕ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ С УЧЕТОМ КОЭФФИЦИЕНТА УМЕНЬШЕНИЯ

Регино А.Н., Чернецкий П.А.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор СЕРГЕЙ И.И.

В соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок (ПУЭ) гибкие шины распределительных устройств (РУ) высокого напряжения следует проверить на недопустимое сближение или схлестывание при токах короткого замыкания (КЗ) в 20 кА и более. Под эгидой СИГРЭ Комитетом 23 «Подстанции» и его рабочими группами 23-02 и 23-11 проведены многолетние исследования проблемы сближения гибких шин РУ при КЗ. В результате согласованы и апробированы упрощенные и численные методы проверки сближения гибких шин, закрепленные в международном стандарте. Согласно указанному стандарту упрощенный расчет отклонений проводов базируется на их расчетной модели в виде физического маятника, т. е. твердого тела, недеформируемого при коротком замыкании. Максимальные отклонения проводов на стадии их