

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

СОЛОДОВ С.В., студ.; рук. ГУСЕНКОВ А. В., к.т.н., доцент (ИГЭУ)

Приведены результаты исследования токовой и угловой погрешностей кабельных трансформаторов тока нулевой последовательности электрических сетей 6-10 кВ.

Трансформаторы тока нулевой последовательности (ТТНП) широко применяются в схемах защит от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) в электрических сетях 6–10 кВ. Основным требованием к ТТНП в указанных сетях является обеспечение достаточной мощности для действия защиты при надежной отстройке от помех. При этом часто допускаются относительно большие токи намагничивания и, соответственно, недопустимо большие токовые и угловые погрешности ТТНП. В ГОСТе на трансформаторы тока определение токовой и угловой погрешностей для ТТНП даже не регламентируется. В литературе, посвященной проблемам выполнения защит от замыканий на землю, данные по погрешностям ТТНП также отсутствуют. В то же время ТТНП является определяющим элементом при выполнении устройств защиты от ОЗЗ, обладающих высокой степенью устойчивости функционирования. Условия применимости токовых защит нулевой последовательности в рассматриваемых сетях в значительной мере определяются токовой и угловой погрешностями ТТНП, и следовательно, определение этих погрешностей является актуальной задачей. Решение этой задачи позволяет уточнить требования к выполнению измерительного органа защиты от ОЗЗ, определить оптимальный частотный рабочий диапазон и чувствительность устройств защиты, оценить устойчивость функционирования защит.

В целях определения токовых и угловых погрешностей проведены экспериментальные исследования основных исполнений кабельных ТТНП (типа ТЗ, ТЗЛ, ТЗЛМ, ТЗРЛ, ТЗЛЭ). Так как практический интерес представляют угловые и токовые погрешности ТТНП, работающих в конкретных схемах защиты от ОЗЗ, определение погрешностей проводилось для ТТНП с присоединенными реле типа РТ-40/0.2, РТЗ-51 и др. В результате с использованием платы аналого-цифрового ввода-вывода получены осциллограммы первичного и вторичного токов ТТНП при изменении первичного тока от 0,2 А до 10,0 А (18 значений токов) на 13 фиксированных частотах в диапазоне 50–3050 Гц. Полученные кривые первичного и вторичного токов кроме основной гармоники каждой частоты содержат высшие гармоники и высокочастотные шумы, генерируемые элементами схемы измерения и самим ТТНП, а также различного рода помехи и наводки. Эти составляющие существенно искажают как форму, так и амплитуду контролируемых сигналов и могут оказывать значительное влияние на величину погрешностей ТТНП, особенно при малых первичных токах (доли ампер). Для устранения влияния этих составляющих оценка погрешностей ТТНП проводилась только по основным гармоническим составляющим первичного и вторичного токов. Устранение шумов из полезного сигнала осуществлялось по специально разработанной программе методами регрессивного анализа. Для этого первичный и вторичный токи ТТНП аппроксимировались полиномом, включающим сумму постоянной составляющей и ортогональных составляющих 1, 3 и 5 гармоник заданной частоты [1]. Использование орто-

гональных составляющих в аппроксимирующем полиноме обусловлено необходимостью определения как действующего значения тока, так и его фазы.

По полученным результатам построены графики токовой и угловой погрешностей ТТНП для всех типов используемых реле защиты. На рисунке в качестве примера приведены графики токовой погрешности ТТНП типа ТЗЛЭ-125 в функции частоты (нагрузка ТТНП – реле УСЗ-2/2). Для проверки полученных результатов произведен аналогичный расчет погрешностей с использованием преобразования Фурье. Сравнение результатов расчетов, полученных разными методами, показывает их практически полное совпадение.

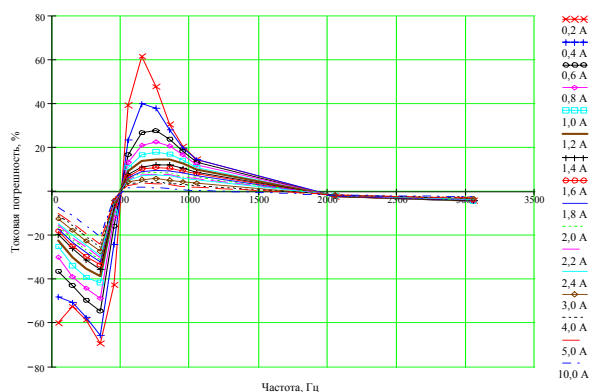


Рис. 1. Токовые погрешности ТТНП ТЗЛЭ-125 в функции частоты

Заключение

На основе анализа графиков токовых и угловых погрешностей ТТНП на разных частотах, при различных значениях первичного тока сформулированы следующие основные выводы:

1. Токовые и угловые погрешности ТТНП сильно зависят от типа подключенного реле и могут достигать 70 и более процентов по току и 60 и более электрических градусов по углу.
2. Наибольшие погрешности наблюдаются при малых значениях подведенных величин на промышленной частоте. С ростом тока и частоты (\gg до 1–2 кГц) погрешности ТТНП уменьшаются.
3. Наличие емкостей во входных цепях устройств защиты приводит к резкому изменению погрешностей в зависимости от частоты сигнала, что может приводить к отказам функционирования защит.
4. Для снижения погрешностей ТТНП входные цепи устройств следует выполнять по возможности низкоомными (1 Ом и менее), с активно-индуктивным характером входного сопротивления.
5. Использование частот выше 3 кГц нецелесообразно, так как приводит к росту погрешностей преобразования сигналов ТТНП как по току, так и по углу.

Список литературы

1. Гречухин В.Н. Анализ результатов испытаний цифрового трансформатора тока // Электро. – 2001. – № 3. – С. 42–45.