

УДК 621.3

УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННОГО ФИДЕРА (ОПФ)

Рахимов И.Г., студент гр. МАЭ02з-19-01, II курс
Научный руководитель: Хазиева Р.Т. – к.т.н., доцент
Уфимский государственный нефтяной технический университет
г. Уфа

Однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) – это повреждение линий электропередач, при которых в трехфазной системе одна фаза замыкается на землю, либо на предмет, соединенный с землей. Данные замыкания в сетях 6 - 10 кВ, работающих с изолированной нейтралью, резонансным заземлением нейтрали через дугогасящий реактор (ДГР) или высокоомным заземлением нейтрали через резистор, являются наиболее распространенным видом повреждения (70-90% от всех встречаемых повреждений) и часто являются причиной опасных кратковременных нарушений электроснабжения или аварий, сопровождающихся значительным экономическим ущербом.

Для предотвращения последствий ОЗЗ, существует метод компенсации емкостного тока. Данный метод заключается в установке дугогасящего реактора, индуктивность которого настраивается на равенство с емкостью, возникающее во время ОЗЗ. Выбор тока компенсации необходимо начать с определения емкостного тока в кабельной сети с помощью создания искусственной несимметрии при подключении дополнительной емкости, например косинусного конденсатора, к одной из фаз сети. Дополнительная емкость должна составлять 10-15 % суммарной емкости всех трех фаз сети.

На основании полученных данных начинается следующий расчет:

1. Емкостный ток сети I_c (А) определяется по формуле:

$$I_c = \omega \times U_{\phi 1} \times \Delta C \times \left(\frac{U_{\phi 1}}{U_{\text{нс.и.}}} - 1 \right) \times 10^{-6},$$

где ΔC – дополнительная емкость, мкФ;

$U_{\text{нс.и.}}$ – напряжение несимметрии при подключении дополнительной емкости, В;

$U_{\phi 1}$ – первичное фазное напряжение в нормальном режиме, В.

$\omega = 2\pi f = 2 \times 3,14 \times 50 = 314$ – угловая частота, рад/с.

2. Первичное фазное напряжение в нормальном режиме $U_{\phi 1}$ (В) определяется по формуле:

$$U_{\phi 1} = U_{\phi 2} \times k_{\text{ТТ}},$$

где $U_{\phi 2}$ – вторичное фазное напряжение в нормальном режиме, В;

$k_{\text{ТТ}}$ – коэффициент трансформации ВН/НН трансформатора напряжения.

3. Первичное напряжение несимметрии при подключении дополнительной емкости $U_{\text{нс.и.}}$ (В) определяется по формуле:

$$U_{\text{н.и.}} = U_{\text{н.с.}} \times k_{\text{ТТ}},$$

где $U_{\text{н.с.}}$ – вторичное напряжение несимметрии с дополнительной емкостью ($a_{\text{д-хд}}$), В;

$k_{\text{ТТ}}$ – коэффициент трансформации ВН/НН_д трансформатора напряжения.

После получения расчетного емкостного тока, дугогасящая катушка настраивается под данный ток.

На данный момент существуют различные способы (методы) быстрого определения и ликвидации поврежденного участка замыкания на землю. Одним из таких методов является определение ОЗЗ с помощью микропроцессорных терминалов защит, а именно устройства определения поврежденного фидера (ОПФ).

Данное устройство предназначено для выявления однофазных замыканий на землю и определения поврежденного фидера с возможностью работы, как на сигнал, так и на отключение. Управление шкафом реализовано на базе микропроцессорных элементов.

Микропроцессорная централизованная система непрерывно контролирует величину напряжения нулевой последовательности измерительного трансформатора напряжения $3U_0$ (вторичные обмотки соединены по схеме «разомкнутый треугольник»), установленный на контролируемой системе шин (Рисунок 1), либо напряжение сигнальной обмотки дугогасящего реактора. В случае повышения измеряемого напряжения выше заданной уставки пускового органа по $3U_0$, через определенную выдержку времени фиксируется факт ОЗЗ и срабатывает выходное реле. Далее начинается процедура определения поврежденного фидера.

Сигналы тока нулевой последовательности I_0 с каждого присоединения передаются головному устройству, которое обрабатывает мгновенные значения $3U_0$ и I_0 и выполняет определение поврежденного фидера с помощью следующих алгоритмов [1, с. 3]:

- реагирование на ток промышленной частоты: при резонансном заземлении нейтраль ток промышленной частоты в поврежденном присоединении практически отсутствует;

- реагирование на составляющие переходного процесса;

- реагирование на направление мощности нулевой последовательности;

- реагирующий на высшие гармонические составляющие тока нулевой последовательности отходящих фидеров;

- наложение в контур нулевой последовательности (КНП) тока с частотой, отличной от основной, и измерение его с помощью ТТНП.

Благодаря данным алгоритмам, нет необходимости рассчитывать уставки ОЗЗ, так как устройство использует принципы поочередного измерения и сопоставления токов нулевой последовательности. В большинстве случаев (особенно при разветвленной сети), установленные ТТНП вообще не позволяют добиться какой либо селективности ОПФ. Для

достижения селективности необходимо заменить все трансформаторы тока нулевой последовательности на современные. Но, к сожалению, такие ТТНП в России массово не производятся. Также рекомендуется не нарушать полярность подключения ТТНП и избегать дополнительные клеммные соединения.

Устройство выполняет следующие функции:

1. Фиксация ОЗЗ;
2. Определение поврежденного фидера в сетях с изолированной, компенсированной нейтралью, или с нейтралью, заземленной через резистор.
3. Выявление и определение поврежденного фидера при:
 - одиночных пробоях изоляциях (клевки);
 - перемежающихся дуговых замыканиях;
 - устойчивых однофазных замыканиях (металлических);
4. Работа при объединении секций шин;
5. Пофидерная регистрация осциллограмм при возникновении ОЗЗ;
6. Передача номера поврежденного фидера и направление повреждения на сервере вышестоящего уровня.

Ориентировочная проектная стоимость работ составляет 1 752 654,54 руб. с НДС 20 %.

В состав работ входят:

1. монтажные работы;
2. материалы и оборудование;
3. пусконаладочные работы;
4. телемеханика.

Если в среднем в год происходит 10-12 случаев ОЗЗ, стоимость ремонтных работ во восстановление кабельной линии с учетом материала и соединительных муфт составляет $\approx 40\,000$ тысяч рублей. Таким образом, срок окупаемости шкафа ОПФ составит $\approx 3,5$ года.

Своевременное обнаружение поврежденного участка сети одна из основных задач электроснабжения потребителя. Внедрение новых технологий позволяет мониторить энергетическую систему и уменьшает время простоя потребителя.

Очевидные плюсы нового оборудования демонстрируют новые устройства, за счет которых исключены километры кабельных связей, цифровые измерительные трансформаторы повышают безопасность и сокращают размеры распределительных устройств подстанции

Список литературы:

1. Булычев А.В., Козлов В.Н., Соловьев И.В. «Комплекс оборудования для управляемого заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ» М.: ООО «НПП Бреслер», 2017.

2. Герасименко Алексей Алексеевич, Федин Виктор Тимофеевич. «Электроэнергетические системы и сети. Расчеты, анализ, оптимизация режимов работы и проектных решений электрических сетей». Учебное пособие

3. Шкаф защиты от однофазных замыканий на землю с функцией определения поврежденного фидера в сетях 6-35 кВ централизованного исполнения Бреслер-0117.080 Руководство по эксплуатации 27.12.31.000. – М.: ООО «НПП Бреслер», 2019.