

УДК 621.311

Ю.Л. Саенко, докт. техн. наук, проф., А.С. Попов, канд. техн. наук
ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Украина

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЗАЩИТ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ПРИ СУЩЕСТВОВАНИИ ФЕРРОРЕЗОНАНСНЫХ ПРОЦЕССОВ

Y.L. Sayenko, Dr., Prof., A.S. Popov, Ph.D.

OPERATING MODES OF PROTECTION DEVICES FROM SINGLE-PHASE EARTH ARC FAULT WITH EXISTENCE OF THE FERROREZONANCE PROCESSES

Согласно правил устройства электроустановок электрические сети напряжением 6-35 кВ должны работать с изолированной, резонансной или резистивной нейтралью. Режим работы нейтрали определяется величиной тока однофазного замыкания на землю (ОЗЗ), уровнем ограничения дуговых перенапряжений, а также требованиями по электробезопасности. Наибольшее распространение получила изолированная нейтраль.

Существенным недостатком сетей с изолированной нейтралью является существование феррорезонансных процессов (ФРП), развивающихся между емкостью нулевой последовательности сети и нелинейной индуктивностью трансформаторов напряжения контроля изоляции (ТНКИ). При длительном ФРП возникает повреждение ТНКИ. Кроме этого, в режиме феррорезонанса возможны ложные срабатывания защит от ОЗЗ.

На сегодняшний день в отечественных электрических сетях эксплуатируются как электромеханические, так и микропроцессорные защиты от ОЗЗ. Первые основаны на использовании реле типов РТ-40, РТЗ-50, РТЗ-51, ЗЗП, УСЗ и могут быть как направленными, так и ненаправленными. Среди микропроцессорных терминалов существует ряд устройств, например, REJ 517, СИРИУС-ОЗЗ, Бреслер-0107.081, ЗЗП-6-35-И и др., логика работы которых подобна электромеханическим устройствам релейной защиты.

ФРП появляются при возникновении несимметрии в контуре нулевой последовательности сети. Это может быть вызвано отключением или самоустранением ОЗЗ, подключением или отключением отходящего присоединения и др. При ФРП возникает напряжение нулевой последовательности, которое появляется в обмотке разомкнутого треугольника ТНКИ и ложно сигнализирует об ОЗЗ в сети. Как показали исследования процессов ФРП, феррорезонанс чаще всего развивается на частоте 25 Гц [1, 2].

В режиме ФРП по всем присоединениям протекают токи нулевой последовательности, частота которых определяется частотой ФРП, а величина пропорциональна емкости присоединения. Данные токи воспринимаются устройствами релейной защиты, что при некоторых условиях может привести к их ложному срабатыванию.

При ОЗЗ на отходящем присоединении ток нулевой последовательности неповрежденных присоединений опережает напряжение нулевой последовательности на 90 градусов (течет от присоединения к шинам), в то время как ток нулевой последовательности поврежденного присоединения и ток замыкания на землю отстает на 90 градусов (течет от шин к присоединению) от напряжения нулевой последовательности [1].

На рис. 2 приведены расчетные кривые токов и напряжения нулевой последовательности при появлении ФРП в результате кратковременного появления и самоустранения ОЗЗ в сети 6 кВ с тремя отходящими присоединениями (0,234 мкФ, 0,117 мкФ, 0,044 мкФ) и ТНКИ типа НТМИ-6.

Как следует из результатов, после исчезновения ОЗЗ возникает феррорезонанс на частоте 25 Гц, в результате чего по отходящим присоединениям протекают токи нулевой последовательности данной частоты. В такой ситуации ложному срабатыванию особенно подвержены защиты, основанные на относительном измерении тока ОЗЗ, в

которых поврежденное присоединение определяется по максимальному из всех отходящих фидеров тока ОЗЗ. Первым ложно будет отключено присоединение с наибольшей емкостью, затем последующие и так далее до нарушения условий феррорезонанса.

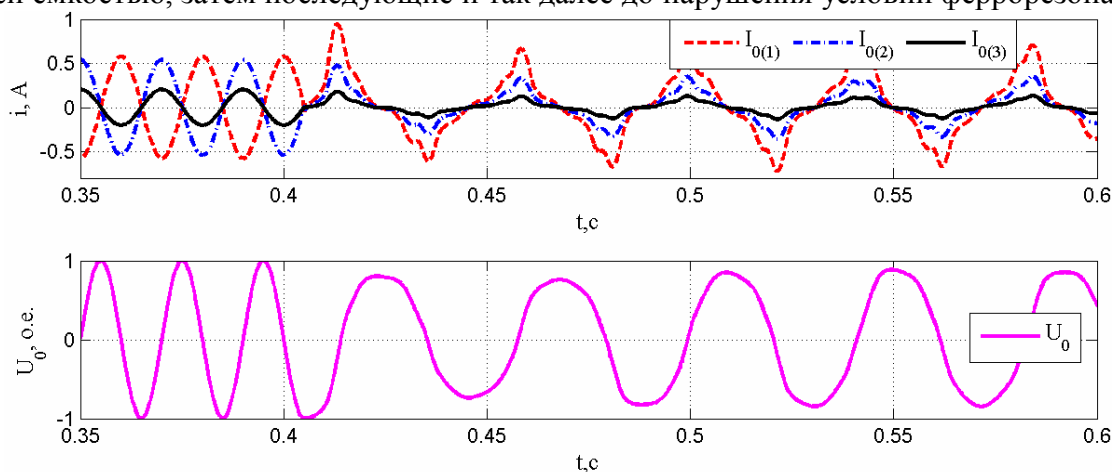


Рис. 1. Расчетные кривые токов и напряжения нулевой последовательности при ФРП, возникшем в результате возникновения и самоустранения ОЗЗ в сети 6 кВ

Ненаправленные защиты на электромеханической или микропроцессорной базе с абсолютным измерением тока ОЗЗ менее подвержены ложному срабатыванию при ФРП, поскольку их уставка срабатывания отстраивается от собственного емкостного тока защищаемой линии.

Направленные защиты на электромеханической базе семейства ЗЗП особо подвержены ложным срабатываниям при ФРП. Данный тип защит содержит в токовом канале нулевой последовательности LC фильтр, настроенный на частоту 50 Гц и имеющий высокую добротность. После исчезновения ОЗЗ LC фильтр продолжает вырабатывать гармонические колебания с частотой 50 Гц. В случае появления ФРП после отключения ОЗЗ на вход реле ЗЗП подается напряжение $3U_0$ и затухающие гармонические колебания тока с частотой 50 Гц, что при определенных соотношениях между этими двумя сигналами может привести к ложному срабатыванию защиты. В [1] отмечены случаи систематического неселективного срабатывания защиты ЗЗП по причине существования феррорезонанса. Как показал опыт эксплуатации [1], даже затухающий ФРП длительностью 1-3 периода может привести к ложному отключению фидеров.

Микропроцессорные направленные защиты от ОЗЗ, осуществляющие цифровую фильтрацию тока нулевой последовательности, в меньшей мере подвержены ложному срабатыванию при ФРП. Как следует из рис. 1, после исчезновения ОЗЗ токи нулевой последовательности всех отходящих присоединений опережают напряжение U_0 (текут от присоединения к шинам), поэтому защита определяет их как неповрежденные. Однако, при некоторой настройке защиты подобная ситуация может быть идентифицирована как ОЗЗ на шинах, поскольку все токи направлены к месту повреждения.

Литература

1. Сивокобыленко В.Ф. Повышение надежности работы сетей 6-10 кВ при замыкании фазы на землю / В.Ф. Сивокобыленко, В.К. Лебедев, Р.П. Сердюков // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка і енергетика» – Донецьк, 2011. – Вип. №11(186). – С. 348 – 352.
2. Саенко Ю.Л. Определение условий гашения феррорезонансных колебаний в сетях с изолированной нейтралью / Ю.Л. Саенко, А.С. Попов // Вісник КНУ ім. Михайла Остроградського – Кременчук, 2014. – №1(84). – С. 15 – 22.