

Опыт внедрения селективной защиты от замыканий на землю в электрических сетях 6-35 кВ

С.В. ИВАНОВ, А.А. БЕЛЯНИН

ООО «ИЦ «Бреслер» , Россия

В.Ф. ЛАЧУГИН

ОАО «ЭНИН» им. Кржижановского, Россия

ivanov_sv@ic-bresler.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Защита от замыканий на землю, однофазные замыкания, изолированная нейтраль

1 ВВЕДЕНИЕ

Наиболее массовым видом повреждений в распределительных сетях 6-35кВ являются однофазные замыкания на землю (ОЗЗ). Однако почти 80% объектов электрических сетей 6-35кВ не оснащены устройствами селективной защиты от ОЗЗ, имея только сигнализацию ОЗЗ по напряжению нулевой последовательности – контроль изоляции (КИ). При этом до настоящего времени отсутствует единый подход к выполнению селективных устройств защиты.

Распределительные сети 6-35 кВ имеют различную конфигурацию и режимы заземления нейтрали (изолированная, заземленная через дугогасящий реактор (ДГР) и резистивно заземленная), что предъявляет к защитах от ОЗЗ ряд весьма жестких требований в части обеспечения высокой чувствительности и селективности, как при устойчивых, так и при перемежающихся замыканиях.

Выполнение данных требований сталкивается с существенными трудностями. Так, при замыканиях через переходное сопротивление в месте ОЗЗ уровень измеряемого тока нулевой последовательности ($3I_0$) находится на уровне десятых долей ампера. Компенсация тока ОЗЗ в сети с помощью ДГР снижает уровень токов ОЗЗ промышленной частоты практически до нуля. Использование токов промышленной частоты затруднено также и при многократно повторяющихся замыканиях.

Все это свидетельствует о существенных проблемах в организации и выполнения защиты от ОЗЗ в сетях 6-35 кВ, ведущих в большинстве случаев к поиску повреждения с помощью поочередного отключения линий после срабатывания устройства КИ. Подобные оперативные переключения занимают значительное время, что нередко приводит к переходу ОЗЗ в двойные замыкания на землю с отключением двух присоединений.

Согласно данным оперативных журналов сетевых объектов, основным, а порой и единственным показателем, свидетельствующим о факте ОЗЗ, является срабатывание устройства КИ. Однако в электрических сетях РФ не предъявляется обязательных требований по учету срабатывания защит от ОЗЗ из-за того, что данные устройства действуют на сигнал, а не на отключение. Поэтому без объективного учета и анализа статических данных о срабатывании устройств КИ и селективных устройств от ОЗЗ оценка функционирования защит от ОЗЗ, находящихся в эксплуатации, является практически неэффективной.

2 ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ

В настоящее время существует два типа защит от однофазных замыканий:

- индивидуальные (используют информацию о параметрах режима только поврежденного присоединения);
- централизованные (осуществляют сбор информации о токах присоединений всей секции шин).

Индивидуальные защиты от ОЗЗ не требуют значительных затрат на монтаж вторичных цепей тока $3I_0$ и напряжения $3U_0$. Но относительно ограниченный объем информации приводит к усложнению алгоритмов защиты.

Алгоритмы централизованных защит отличаются простотой и не требуют использования цепей напряжения. Однако использование информации о токах $3I_0$ всех присоединений секции шин может вызывать значительную погрешность в измеряемом токе из-за различия характеристик и нагрузки трансформаторов тока нулевой последовательности (ТТНП) присоединений, приводя к неселективной работе защиты.

Разновидностью централизованных защит являются групповые защиты. Они осуществляют индивидуальное измерение информации электрических величин с дальнейшим обменом информацией между устройствами, что позволяет снизить погрешность измерения.

В принципах построения индивидуальных направленных устройств защиты от ОЗЗ выделяется алгоритм, в котором осуществляется контроль распространения волн переходного процесса, возникающих в месте замыкания [1]. При несовпадении знаков напряжения ($3u_0$) и тока ($3i_0$) фиксируется ОЗЗ в прямом направлении, при совпадении – в обратном. Использование данного алгоритма определяет независимость функционирования защиты от режима заземления нейтрали и конфигурации сети, а также обеспечивает работоспособность устройства, как при устойчивых, так и при неустойчивых замыканиях.

Другой алгоритм основан на контроле угловых соотношений электрических величин нулевой последовательности в установившемся режиме ОЗЗ [2]. В сети с изолированной нейтралью при выбранных положительных направлениях токов нулевой последовательности от шин к линии ток нулевой последовательности в поврежденном присоединении отстаёт, а в неповрежденном – опережает напряжение нулевой последовательности на угол 90° (рис. 1).

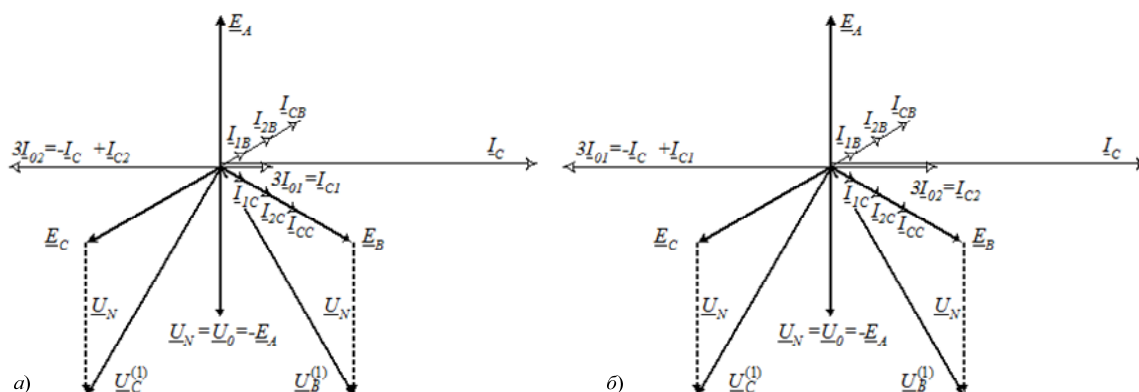


Рис. 1. Векторные диаграммы токов и напряжений при внешнем (а) и внутреннем (б) ОЗЗ в сети с изолированной нейтралью

Следует отметить, что алгоритм оказывается неэффективным при анализе перемежающихся ОЗЗ, а также – в сети с резонансной компенсацией емкостных токов [2].

Централизованная защита от ОЗЗ может быть выполнена в двух вариантах:

- с использованием информации о токе нулевой последовательности каждого присоединения, а также с объединением информации, полученной от индивидуальных устройств;
- с использованием защиты, получающей информацию о токах нулевой последовательности от всех присоединений секции сборных шин.

На рис. 2 приведен пример выполнения варианта централизованной защиты от ОЗЗ с использованием индивидуальных устройств на каждом присоединении на базе терминалов серии TOP 200 [3]. Преимуществами данного варианта являются удобство монтажа, а также возможность использования индивидуальных устройств для выполнения функций защиты присоединений от коротких замыканий и функций автоматики.

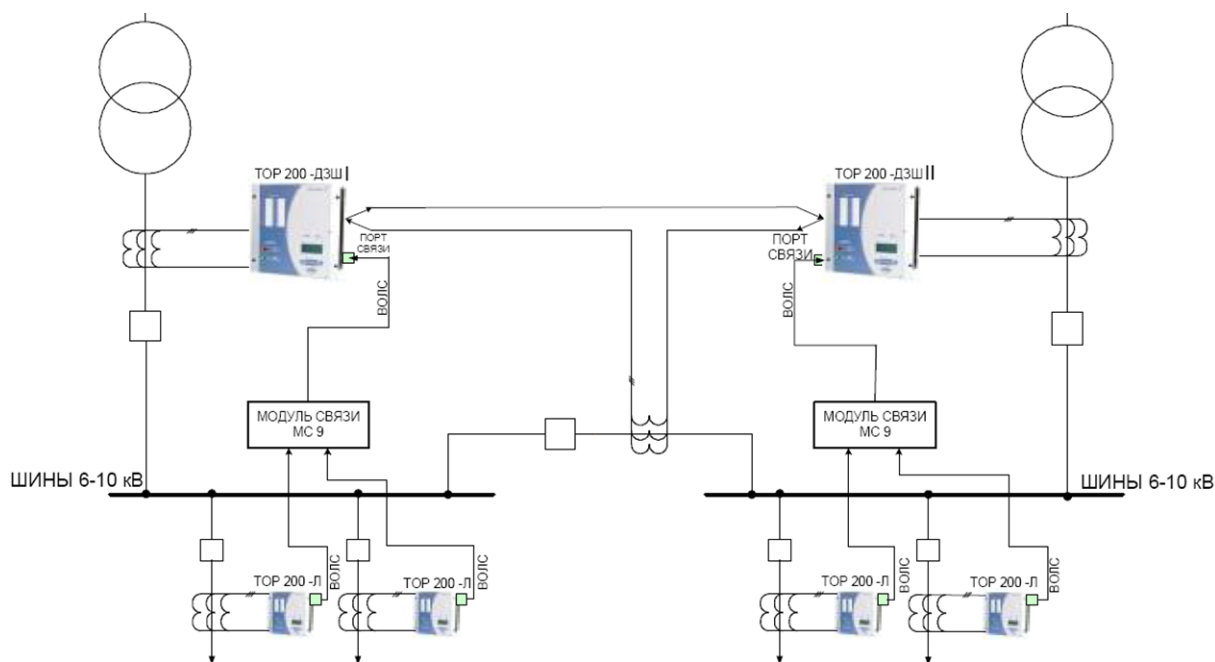


Рис. 2. Централизованная защита от ОЗЗ на базе терминалов серии TOP 200

В групповых защитах от ОЗЗ осуществляется обмен информации между устройствами, присоединенными к одной секции шин. Определение поврежденного присоединения может производиться с использованием принципа абсолютного или относительного замера уровня тока нулевой последовательности или уровня высших гармоник в присоединении. Особенностью функционирования групповой защиты является обмен информацией о срабатывании измерительных органов присоединений с блокировкой органов, действующих на неповрежденных присоединениях. Такой вид защиты от ОЗЗ может быть выполнен, например, на базе терминалов TOP 200-Л (рис. 3) с объединением их в единую сеть [4].

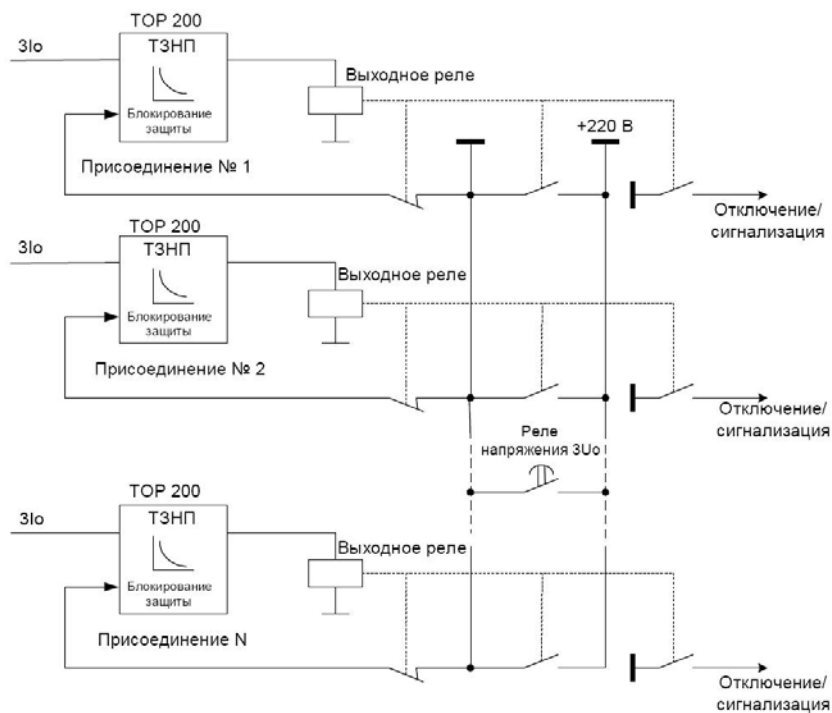


Рис. 3. Групповая защита от ОЗЗ на базе терминалов TOP 200-Л

3 АНАЛИЗ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В ПРОЦЕССЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ОЗЗ

Коллектив авторов ОАО «ЭНИН» и ООО «ИЦ Бреслер» совместно разработали индивидуальное микропроцессорное устройство импульсной селективной защиты от ОЗЗ ТОР 110-ИЗН [5], создание которого можно рассматривать в качестве определенного шага в выполнении универсального устройства защиты от ОЗЗ в сетях 6-35 кВ. В мае 2012 г. после успешных натурных испытаний устройства введены в опытную эксплуатацию на п/с «Ханты – Мансийская». Каждое из устройств подключается к вторичной обмотке ТТНП линии и к соединенной в разомкнутый треугольник обмотке трансформатора напряжения (ТН) секции шин. При отсутствии ТТНП устройство может подключаться на сумму токов трех фаз.

Устройство «ТОР 110-ИЗН» обеспечивает:

- селективную защиту от ОЗЗ воздушных, кабельных и смешанных линий независимо от режима заземления ее нейтрали (без необходимости изменения параметров срабатывания устройства в процессе эксплуатации);
- контроль состояния цепей ТН;
- осциллографирование и регистрацию ОЗЗ;
- контроль правильности фазировки;
- интеграцию в АСУ по протоколу IEC 60870-5-103.

В период эксплуатации защиты ТОР 110-ИЗН на линиях п/с «Ханты-Мансийская» с мая 2012 по январь 2013 года устройствами, было зафиксировано более 200 ОЗЗ, большая часть которых носила самоустраняющийся характер, отличающийся достаточно быстрым пробоем изоляции с ее либо весьма непродолжительным восстановлением (рис. 4 а), либо с существованием ОЗЗ в течение времени до нескольких сотен миллисекунд (рис. 4 б).

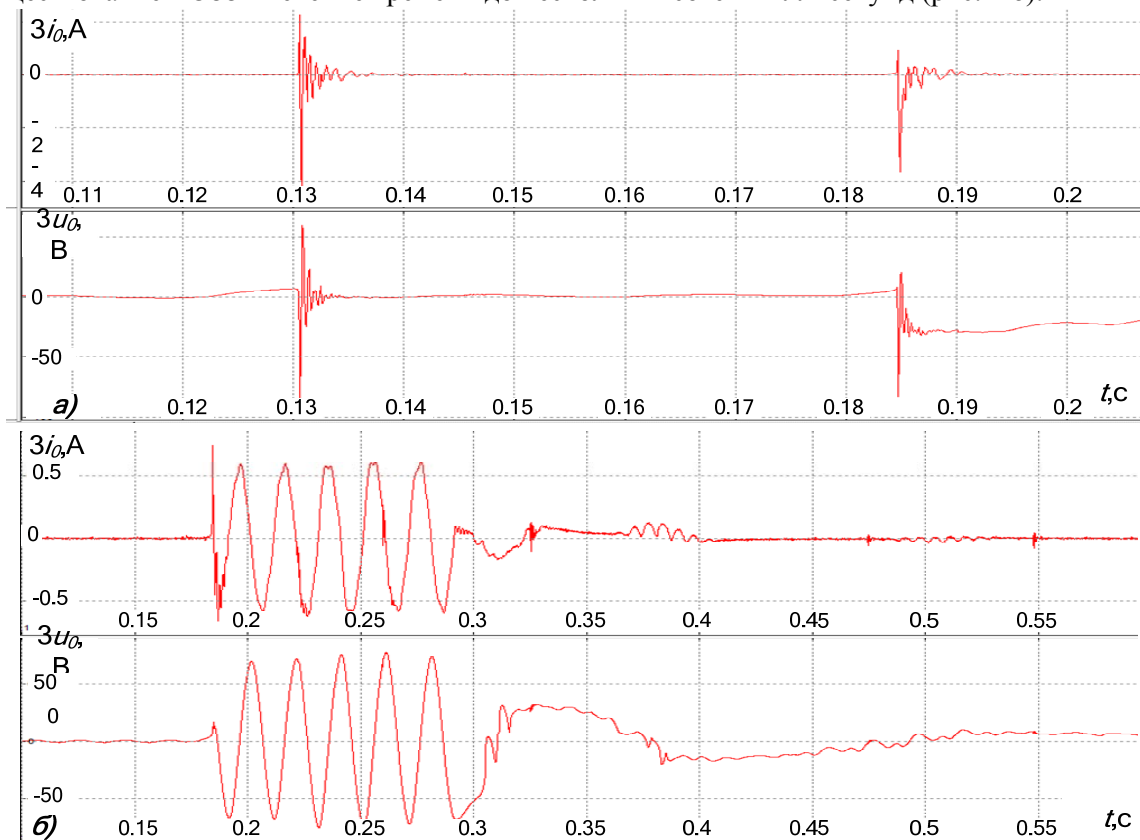


Рис. 4. Самоустраняющиеся однофазные замыкания

Менее частыми являются устойчивые замыкания. В зависимости от характера повреждения устойчивые замыкания также делятся на 2 вида. К первому – относятся медленно развивающиеся замыкания (рис. 5 а), вызванные пробоем воздушного промежутка с возникновением стримера, плавно перетекающего в устойчивый пробой. Второй вид

характеризуется быстрым установлением ОЗЗ (рис. 5 б), но при этом до возникновения устойчивого ОЗЗ также фиксируются частичные пробои изоляции в месте замыкания.

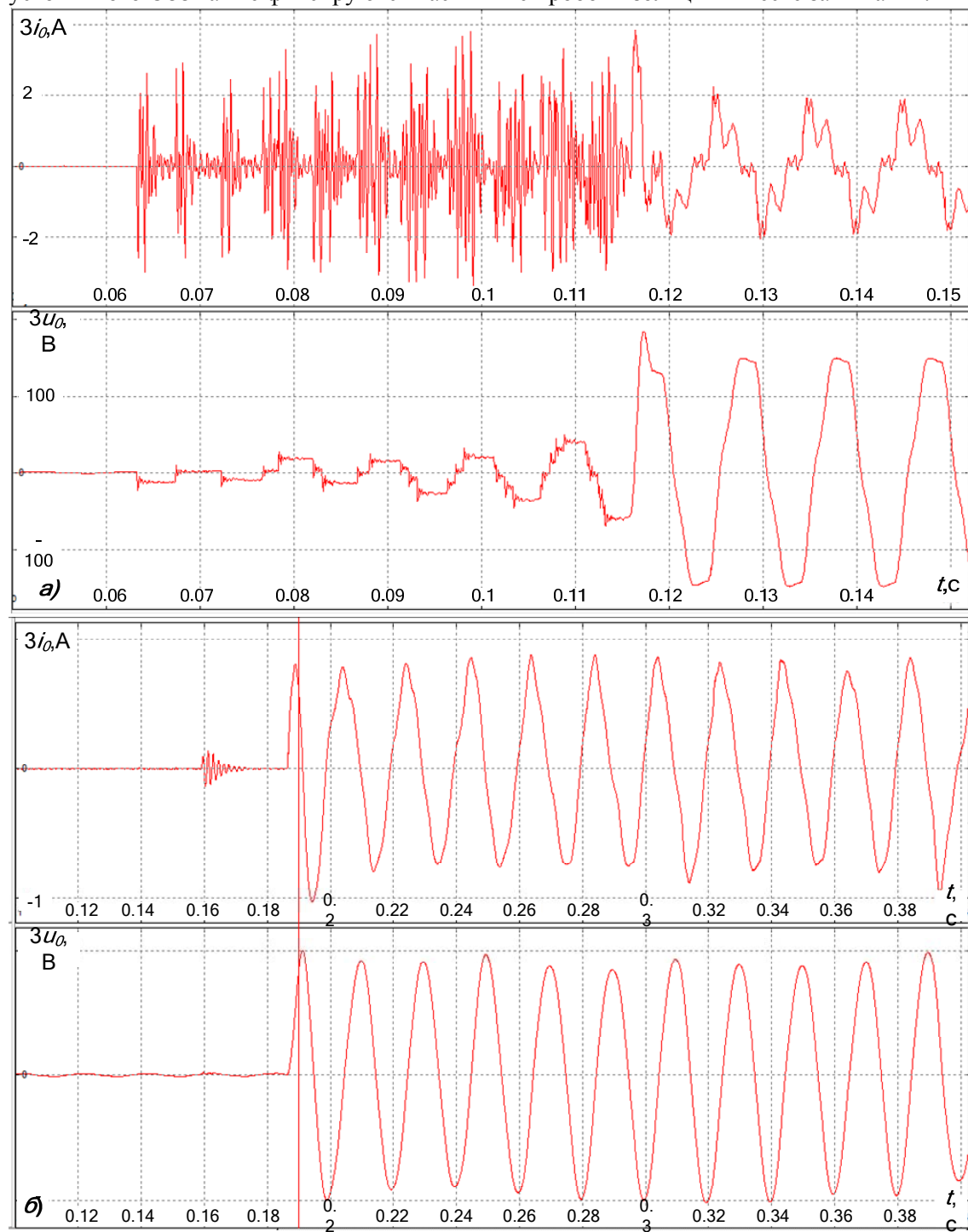


Рис. 5. Устойчивые однофазные замыкания

Третьим, не менее интересным видом ОЗЗ, являются перемежающиеся замыкания (рис. 6). Здесь фиксируется возникновение ОЗЗ каждые 5-10 мс. Процесс перемежающегося ОЗЗ может носить длительный характер, постепенно переходя в устойчивое замыкание.

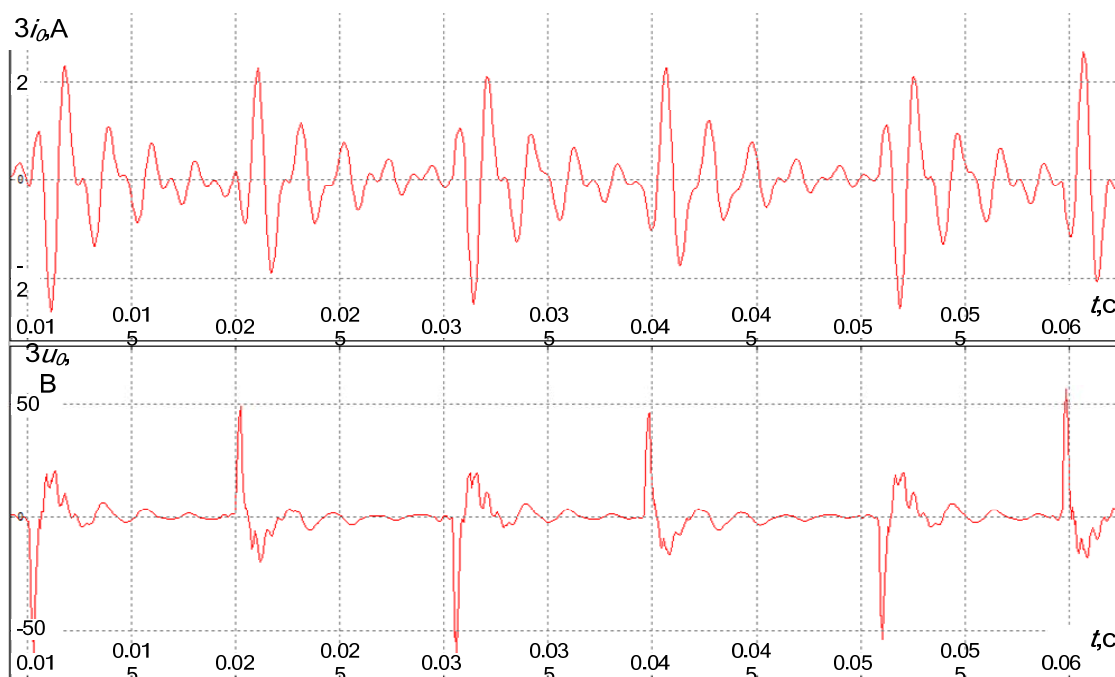


Рис. 6. Перемежающееся однофазное замыкание

Анализ обработанных осциллограмм показывает, что наиболее частыми замыканиями являются самоустраняющиеся ОЗЗ (около 90%), далее следуют ОЗЗ имеющие устойчивый характер (примерно 9%). Перемежающиеся ОЗЗ встречаются значительно реже (менее 1%). Также зафиксировано, что около 10% устойчивых ОЗЗ переходят в двойные замыкания на землю.

4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На современном этапе развития микропроцессорной техники появилась возможность развить достоинства разных типов защит от однофазных замыканий на землю с целью создания унифицированного устройства, обеспечивающего максимальную независимость функционирования защиты от режима заземления нейтрали и конфигурации сети.

Использование уникальных возможностей устройства TOP 110 ИЗН (ИЗН-01) по осциллографированию с высокой разрешающей способностью реальных ОЗЗ, включающего и их предаварийные стадии, позволяет дать более детальную оценку характеру возникновения и развития ОЗЗ в сетях с изолированной, компенсированной и резистивно заземленной нейтралью, что, несомненно, окажется весьма полезным не только для специалистов по релейной защите и автоматике, но и для тех, кто занимается испытанием высоковольтного оборудования и измерением в электрических сетях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Попов И.Н., Лачугин В.Ф., Соколова Г.В. Релейная защита, основанная на контроле переходных процессов. М.: Энергоатомиздат, 1986.
- [2] Шуин В.А., Гусенков А.В. Защиты от замыканий на землю в электрических сетях 6-10 кВ. М.: НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2001. С. 24-35.
- [3] Комплектные устройства защиты и автоматики линий 6-35 кВ TOP 200-ДЗШ Руководство по эксплуатации. 2010.
- [4] Комплектные устройства защиты и автоматики линий 6-35 кВ TOP 200-Л Руководство по эксплуатации. 2010.
- [5] Лачугин В.Ф., Иванов С.В., Белянин А.А. Разработка импульсных защит от замыканий на землю. «Релейная защита и автоматизация», 2012, №3, С. 44-51.