

УДК 621.315.177

Б. Н. МЕШКОВ, В. А. ЧЕРНЫШОВ

ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет», г. Орел, Россия

## САМОИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ, ПОСРЕДСТВОМ ТЕЛЕГРАФИРОВАНИЯ

*Статья посвящена проблеме определения места возникновения однофазного замыкания на землю в распределительных сетях с изолированной нейтралью. Проанализированы современные разработки и пути решения проблемы. Выявлена сложность массового внедрения разработок и предложен альтернативный вариант ее разрешения.*

*Статья присвячена проблемі визначення місця виникнення однофазового замикання на землю в розподільних мережах з ізольованою нейтраллю. Проаналізовані сучасні розробки і шляхи вирішення проблеми. Виявлена складність масового впровадження розробок і запропоновано альтернативний варіант її дозволу.*

### Введение

Однофазное замыкание на землю (ОЗЗ), самый распространенный и в то же время самый трудный, в плане своего обнаружения, утяжеленный режим работы сети с изолированной нейтралью. Сети с изолированной или заземленной через высокоомное сопротивление нейтралью трансформаторов получили большое распространение, в странах бывшего СССР, и по сей день преобладает в распределительных комплексах, как России, так и Украины.

Сети, выполненные в виде воздушных линий электропередачи (ВЛЭП) наиболее склонны к аварийным и утяжеленным режимам работы. Протяженность и разветвленность делает их трудно контролируемыми и мало предсказуемыми объектами. Магистральный принцип построения ВЛЭП средних напряжений, обуславливает сложность, и плохую предсказуемость параметров происходящих в сети процессов. В тоже время очевидна необходимость быстрого поиска и устранения причины возникновения ОЗЗ.

### Основная часть

Несмотря на то, что при ОЗЗ линейное напряжение ВЛЭП остается неизменным, а ток ОЗЗ обуславливается лишь емкостью ВЛЭП и переходным сопротивлением в месте контакта с землей, соответственно ВЛЭП не требует своего немедленного отключения, причина ОЗЗ должна быть немедленно идентифицирована и устранена по следующим причинам:

Во-первых рост напряжения относительно земли приводит к ускоренному старению изоляции, и возможности перехода ОЗЗ в междуфазное короткое замыкание (МФКЗ).

Во-вторых при повреждении изоляции, на оборудовании по какой либо причине оказавшимся не заземленным, потенциал его относительно земли возрастает до линейного напряжения, что увеличивает риск поражения током при косвенном прикосновении.

В-третьих при приближении ближе, чем на 8 метров к месту возникновения ОЗЗ появляется риск поражения током вызванным напряжением шага.

В-четвертых бесперебойность электроснабжения при ОЗЗ в сегодняшних, реальных условиях эксплуатации мнимый аргумент. Это утверждение обуславливается применением наиболее распространенного способа для отыскания линии с устойчивым ОЗЗ. Согласно этому способу производится отключение каждого отходящего от РУ присоединения до исчезновения индикации указывающей на повреждение. Следовательно, при отсутствии резервирования, нарушается электроснабжение не только потребителей питающихся от линии с ОЗЗ, но и потребителей на «здоровых» отключаемых линиях.

Современные разработки средств идентификации причины и места ОЗЗ либо не обладают достаточной точностью для применения их в сетях с магистральной схемой, либо

имеют высокую стоимость и способны увеличить затраты на строительство ВЛЭП втрое.

Наиболее эффективны для применения в ВЛЭП средних напряжений топографические средства идентификации места ОЗЗ, выполненные в виде датчиков-индикаторов распределенных по трассе ВЛЭП, и осуществляющих передачу информации на диспетчерский пункт по одному из каналов связи ВОЛС, GPRS, HDSL, 3G, Wi-Fi и т. д. Точность этих средств гарантирует локализацию места причины ОЗЗ, но их стоимость лишает экономической целесообразности применения на большинстве ВЛЭП.

Основу стоимости средств этого типа составляют затраты на использование технологий связи. Современные технологии передачи данных предусматривают либо строительство специализированных линий (каналов ВОЛС, HDSL), либо применение устройств беспроводной передачи данных (технологии GPRS, 3G, Wi-Fi). ВОЛС и HDSL зачастую требуют дорогостоящих конструктивных изменений в ВЛЭП, технологии GPRS и 3G усложняют иерархию при эксплуатации, включают в систему обслуживания ВЛЭП, организации предоставляющие данные каналы связи.

Обеспечение надежного, недорогого передающего канала, способного эксплуатироваться силами организации, обслуживающей ВЛЭП, решает проблему высокой стоимости при применении средств идентификации ОЗЗ, использующих для передачи информации технологии связи.

Принцип работы такого канала связи кроется в процессах, сопровождающих ОЗЗ.

Причиной возникновения ОЗЗ в ВЛЭП могут выступать такие ситуации как обрыв провода, касание проводов ветвями деревьев, падение провода на землю и пробой изоляции. Как правило, первые три причины возникают вследствие неудовлетворительной эксплуатации ВЛЭП. Экономически выгоднее наладить работу эксплуатирующего персонала, чем разрабатывать и внедрять дорогостоящие технологии обнаружения этих причин. При обрыве провода идентификация ВЛЭП с ОЗЗ произойдет и благодаря потребителю, сообщившему о нарушении в электроснабжении. Наиболее сложной для идентификации является причина пробоя изоляции ВЛЭП. Ее обнаружение требует больших трудозатрат и времени, что складывается в экономический ущерб, от возможного недоотпуска энергии по причине отключения и затрат на эксплуатацию рабочей силы для поиска места ОЗЗ.

При пробое изоляции ВЛЭП земля приобретает потенциал поврежденной фазы, а напряжение неповрежденных фаз относительно земли становится линейным. Контролируя напряжение фаз относительно земли, на шинах РУ можно делать вывод о наличии ОЗЗ в системе.

Изменение напряжения само по себе представляет информацию, после обработки, которой возможна сигнализация о факте ОЗЗ в системе. Если пойти дальше, можно расширить информационный сигнал и добиться более точных координат ОЗЗ. Если мгновенно увеличить сопротивление между поврежденной фазой и землей, напряжение между каждой из фаз и землей скачкообразно возрастет. Измерительные приборы покажут бросок напряжения. Теперь представим, что каждая из опор ВЛЭП при пробое изоляции определенное количество раз (индивидуальное для каждой опоры) через определенные промежутки времени увеличивает свое сопротивление, добиваясь бросков напряжения между фазами и землей. Зная количество таких бросков для каждой опоры, мы можем говорить о номере опоры с ОЗЗ.

Для полного понимания этого процесса составим схему распределительной сети (рис. 1), состоящую из трансформаторной подстанции и двух ВЛ 10 кВ.

Устройство состоит из высоковольтного тиристора, блока контроля и сигнализации (БКС), токоограничивающего резистора R, включаемого при ОЗЗ. Устройство монтируется в разрыв заземляющего проводника опоры. При пробое изоляции опоры, для примера № 1, ф.1 (ОЗЗ 1), на заземляющем проводнике появляется напряжение, блок контроля и сигнализации формирует сигнал, состоящий из серии последовательных импульсов, направленных на отключение и закрытие тиристора VS.

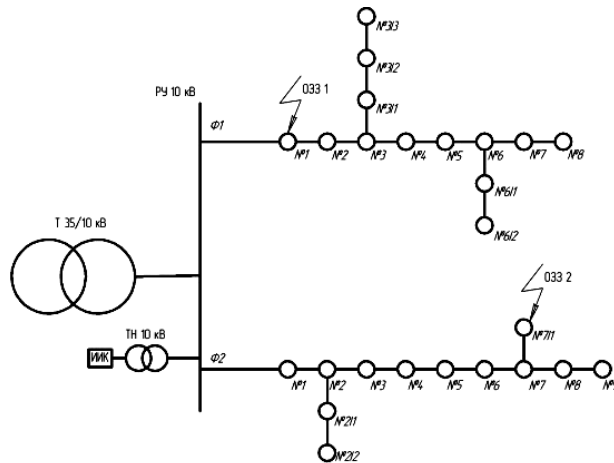


Рис 1. Схема распределительной сети

На каждой опоре каждой ВЛ расположено специальное устройство, создающее броски напряжения (рис. 2).

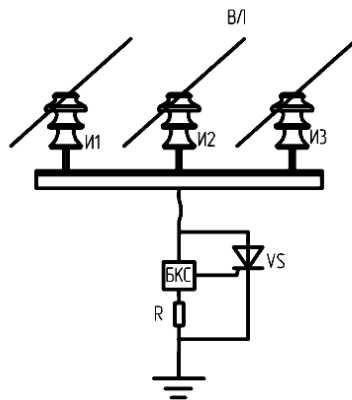


Рис. 2

Тиристор при открытии шунтирует токоограничивающее сопротивление, напряжение между землей и неповрежденными фазами возрастает. При закрытии тиристора шунт исчезает, замыкание происходит через токоограничивающее сопротивление R, напряжение фаз относительно земли уменьшается. Комбинация открытий, временных пауз и закрытий программируется индивидуально для каждого БКС и не повторяется ни на одной опоре.

Для удобства зададим для каждого устройства программу таким образом, что сначала идет количество импульсов, обозначающих номер фидера, потом пауза, потом количество импульсов, обозначающих опору. Импульсы обозначим знаком (+), паузы (-). В нашем случае получится + - +. При ОЗЗ 2, опора 7/1 ф.2 сигнал имеет вид + + - + + + + + - +, вторая пауза обозначает ответвление на седьмой опоре.

На шинах РУ 10 кВ устанавливается информационно-измерительный комплекс ИИК, сосчитав количество бросков напряжения и пауз между ними, комплекс вычисляет фидер и опору с поврежденной изоляцией. В зависимости от типа обслуживания подстанции (с постоянным обслуживающим персоналом, без постоянного обслуживающего персонала) комплекс может выполняться как с устройством отображения и регистрации информации, так и с устройством передачи информации.

### Выводы

Таким образом, мы получаем своеобразный десятикиловольтный телеграф, обеспечивающий простую и доступную связь между каждой из опор ВЛЭП и обслуживающим персоналом. Отсутствие необходимости использования технологий передачи информации снижает стоимость внедрения комплекса, повышается надежность работы и независимость энергосистемы, так как нет необходимости привлечения

посторонних организаций, предоставляющих технологии связи. Простота конструкции гарантирует надежность работы телеграфа.

### Список литературы

1. Аржанников Е. А., Чухин А. М. Учебное пособие. Методы и приборы определения места короткого замыкания на линии. Иваново 1998 г.
2. Владимиров Леонид Вячеславович. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Дистанционное определение места однофазного замыкания на землю воздушных линий, питающих объекты нефтедобычи. Омск 2012.
3. Титенков С. С., Пугачев А. А. Режимы заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ и организация релейной защиты от однофазных замыканий на землю. Энергоэксперт № 2 2010 г.
4. РД 34.20.564 Типовое положение по организации эксплуатации устройств для определения мест повреждений воздушных линий электропередачи напряжением 6–20 кВ.

## SELF-IDENTIFICATION OF A GROUND FAULT THROUGH TELEGRAPHY

B. N. MESHKOV, V. A. CHERNYSHOV

*The article is dedicated to the problem of locating the origin of the single-phase ground fault in the distribution networks with an insulated neutral. The latest developments and solution approaches to the problem were reviewed. The complexity of the large-scale implementation of the developments is identified, and the alternative to resolve it is suggested herein.*

Поступила в редакцию 21.02 2013 г.



## Уважаемые читатели!

Приглашаем Вас стать подписчиками журнала

«Энергосбережение·Энергетика·  
Энергоаудит» на II полугодие 2013 года!

На страницах журнала публикуются статьи об актуальных проблемах электроэнергетики, энергорынка, теплоэнергетики, газоснабжения, водоснабжения, водоотведения и экономики.

Подписка с любого месяца!

Справки по телефону +38 (057) 7-149-451  
На сайте [eee-journal.com.ua](http://eee-journal.com.ua) размещена информация об условиях подписки на журнал