

# Возможность сбора и использования данных о коротких замыканиях в сети с использованием систем телемеханики

Ян АРЦИШЕВСКИЙ, к.т.н., доцент, заместитель заведующего кафедрой РЗАЭ НИУ «МЭИ»

Андрей КУЗИН, ассистент кафедры РЗАЭ НИУ «МЭИ»

Как известно, основная цель объединения ПАО «ФСК ЕЭС» и ПАО «Холдинг МРСК» под флагом ПАО «Россети», обозначенная в указе Президента [1], — координация работы по управлению электросетевым комплексом и сдерживание роста тарифов для конечных потребителей электроэнергии с переходом к регулированию цен на услуги по передаче электрической энергии на основе таких параметров, как надежность и качество обслуживания потребителей, эффективность операционной и инвестиционной деятельности сетевых компаний.

При строительстве новых электросетевых кластеров либо целых районов обычно принимаются единые технические решения по концепции реализации вторичных систем, в первую очередь, системы ССПИ, с целью возможности создания решения диспетчеризации и автоматизации данного электросетевого узла в пределах одного диспетчерского пункта. При этом зачастую прибегают к внедрению новейших технологий и информационных моделей (например, СИМ-модели), с целью решения задач автоматизации вопросов обслуживания оборудования (ремонт, замена, изменение уставок РЗА и т.д.), функций автоматического управления, определения мест повреждения, выявления вида КЗ, ОЗЗ и т.д.

В ряде публикаций [2] рассмотрен достижимый вклад вторичных систем (РЗА, ССПИ) в сокращение капитальных и эксплуатационных затрат в сочетании с повышением надежности и качества электроснабжения потребителей 6–20/0,4 кВ, общей энергоэффективности, снижением материалоемкости и созданием щадящих условий эксплуатации электрооборудования вновь вводимых в эксплуатацию энергообъектов.

Однако на сегодняшний день зачастую вопросы перспектив нового строительства и ввода оборудования рассматриваются в отрыве от

действительной ситуации с уже действующим оборудованием, находящимся в активной эксплуатации. Эксплуатируемое оборудование одной эксплуатирующей электросетевой организации и даже ее части представляет собой ряд объектов, которые могут быть как недавно введенными современными подстанциями, так и весьма старыми, где возможности информационного обмена ограничены.

В подобном контексте очень сложно говорить о применении единых требований к объему передаваемой информации на диспетчерский пункт и максимально эффективного ее использования.

И все же задача максимизации полезной передаваемой информации с объектов диспетчеру должна искать свои наиболее эффективные решения при минимизации финансовых вложений.

Результаты тенденции совместить функции РЗА, телемеханики, счетчика электроэнергии на сегодняшний день объективно зашли в тупик. Например, часто предлагается использовать терминал РЗА в качестве источника информации о значениях токов и напряжений, при этом, как известно, подключаемые к устройствам РЗА обмотки трансформаторов тока класса точности 10Р не предназначены для использования в цепях измерений либо учета. Подобные варианты возможных результатов интеграции функций ССПИ в устройства РЗА были рассмотрены в работе [3], где была показана неэффективность подобных решений в контексте современной нормативной базы и особенностей эксплуатации оборудования. Таким образом, объединение функций различных систем в одном устройстве не приводит к желаемым технико-экономическим эффектам.

Однако иным вариантом является ввод дополнительных функций в различные системы, которые с одной стороны, не являются прямым совмещением функций, а с другой — являются

источником дополнительной информации о работе сети.

В настоящей статье предлагается рассмотреть технические возможности реализации дополнительных функций на базе комплекса технических средств системы телемеханики, при этом поставленную задачу целесообразно решать при отсутствии каких-либо дополнительных технических устройств, а в качестве исходной информации использовать уже существующие данные, входящие в систему ССПИ, на примере оборудования 6–20 кВ распределительных сетей. В качестве примера рассмотрим реализацию предлагаемых решений на оборудовании ПТК ТОРАЗ серии HVD3-RTUx (рисунок 1).

Для начала необходимо определить основные и вспомогательные технические средства, которые используются для реализации комплексов ТМ на уровне УСО.

В качестве классической системы ССПИ объектов 6–20 кВ в целях экономии кабельной продукции и типизации решений предпочтение обычно отдается распределенной архитектуре по принципу «одно присоединение — один контроллер». Данный контроллер выбирается исходя из объема и вида возможного объема собираемой информации о работе присоединения (измерение токов и напряжений присоединения, а также расчетных параметров электроэнергии, теле-сигнализация положения коммутационных аппаратов, срабатывания устройств РЗА и т.д.), возможности телеуправления. Ниже рассмотрен основной объем телеинформации с учетом особенностей нормативных документов и возможной технической реализации.

- Для целей телемеханики и технического учета используются трансформаторы тока класса точности 0,5. В соответствии с ГОСТ 7746-2001 обмотки трансформаторов тока, используемых для учета и измерения, нормируются в пределах до 120% от номинального тока. Данные обмотки не предназначены для измерения токов в режиме короткого замыкания.
- Также имеется возможность измерения токов нулевой последовательности присоединений. Устройство телемеханики HVD3-RTU7 подключается непосредственно к обмотке трансформатора тока нулевой последовательности.
- Есть возможность снятия сигналов с указателей протекания токов короткого замыкания (УТКЗ). Сами УТКЗ срабатывают при протекании токов, существенно превышающих рабочие токи. Возвращение УТКЗ в исходное состояние может выполняться по принудительному сбросу, либо спустя определенную заранее указанную выдержку времени.

- Сигналы положения коммутационных аппаратов также заводятся на модуль телемеханики. При этом для верификации сигналов используется двубитное подтверждение: заводятся информационные контакты как включенного, так и отключенного положения коммутационного аппарата. Соответственно, сигнал считается достоверным, если одно и только одно положение выключателя приходит со значением логической «1».
- Терминалы релейной защиты контролируются за счет приема устройством телемеханики HVD3-RTUx сигналов типа «сухой» контакт. Как правило, обеспечивается прием двух сигналов: «срабатывание РЗА» при подаче команды на отключение выключателя от любой из защитных функций терминала РЗА, а также «неисправность РЗА», который принимает значение «1» при выявлении внутренней неисправности самим терминалом, либо при пропадании питания терминала РЗА. Также дополнительно собираются сигналы о положении автоматов цепей управления, автоматов цепей оперативного тока, автоматов цепей напряжения и т.п.
- На модуль телемеханики заводятся сигналы контроля наличия напряжения на отходящей линии. Соответствующий датчик/делитель напряжения может выдавать как дискретный сигнал при наличии напряжения выше определенного значения (обычно от процентов до десятков процентов от  $U_{НОМ}$ ), либо аналоговое значение, пропорциональное напряжению. Данный тип информации воспринимается как дискретный сигнал и имеет первостепенное значение при определении возможности оперативных переключений или предварительной оценки возможности проведения работ на участке сети.
- Также при телемеханизации объектов, не оборудованных ранее системой телемеханики, либо эксплуатирующихся в течение длительного периода, что привело к выходу из строя ранее установленных устройств телемеханики, целесообразно организовать минимально необходимый перечень сигналов, например открывания дверей, измерение токов, хотя бы по одной фазе на некоторых присоединениях, сигналы о срабатывании АВР или контакторных станций, что позволит автоматически идентифицировать перерывы электроснабжения абонентов данных электроустройств.
- Отдельно в контексте особенностей реконструкции уже существующего оборудования и оснащения его комплексом ССПИ, стоит отметить, что подобный подход к контролю наличия напряжения часто используется также и в сетях 0,4 кВ, где на отходящих линиях установлены предохранители



Рис. 1. Многофункциональные микропроцессорные устройства (контроллеры ячеек) ТОРАЗ серии HVD и ТМ

вместо автоматических выключателей. Соответственно, подобным образом осуществляется косвенный контроль целостности предохранителя.

Далее рассмотрены некоторые дополнительные функции и дана оценка возможности их реализации исходя из технических и программных возможностей комплекса ССПИ.

**Автоматическое определение неисправных участков электросети при коротких замыканиях**

Для реализации указанной задачи могут использоваться следующие группы сигналов: сигнал срабатывания устройства протекания тока короткого замыкания (УТКЗ) («сухой» контакт), сигнал общего срабатывания устройства РЗА («сухой» контакт), сигналы срабатывания конкретных функций РЗА (цифровой сигнал — при возможности снятия информации). Данные о срабатывании указанных устройств отображаются на АРМ диспетчера рассматриваемого района (рисунок 2). При этом, при наличии нетелемеханизированных объектов, диспетчер на основании отображаемых данных не может однозначно понять, на каком присоединении произошло повреждение, однако он может определить группу смежных объектов, в сторону которой необходимо направлять бригаду ОВБ для устранения неисправности и перевода режима питания. Чем выше степень оснащения объектов электросетевого комплекса локальными системами ССПИ, тем выше точность определения поврежденного участка и тем меньше время локализации и ликвидации повреждения.



Рис. 2. АРМ TOPAZ SCADA с отображением участка «умной» сети 10 кВ

**Режимы автоматического управления и локализации аварийного участка**

Вопросы автоматического управления в распределительных сетях рассматривался многократно и имеет множество технически обоснованных решений, например, применение реклоузеров или централизованной релейной защиты [4]. Однако в рассматриваемых существующих сетях слишком высок процент выключателей, не имеющих моторизированных приводов, что исключает возможность удаленного, в том числе автоматического управления. Зачастую даже при наличии воз-

можности телеуправления оборудование имеет настолько высокий физический износ, что диспетчер принимает решение для произведения оперативного переключения — направить ОВБ к объекту предполагаемого управления. Таким образом, режим автоматического управления стоит рассматривать лишь при новом комплексном строительстве, либо при капитальной реконструкции объектов целого энергорайона.

**Определение факта и направления междуфазных коротких замыканий**

Данная дополнительная функция может рассматриваться как частный случай функции автоматического определения неисправных участков электросети при коротких замыканиях, которая рассмотрена выше. В дополнение стоит отметить возможности использования информации, полученной от фазных трансформаторов тока. Несмотря на то, что используемые обмотки классом точности 0,5 не предназначены для измерения токов КЗ, они все же могут давать информацию о резком повышении тока выше номинального, что позволяет получить информацию о наличии КЗ в сети.

**Определение факта и направления однофазных замыканий на землю**

Определение факта однофазных замыканий на землю осуществляется за счет измерения модулем HVD3-RTU7 токов нулевой последовательности по фидерам секции и рассмотрения соотношений этих токов. Факт наличия на секции однофазного замыкания на землю определяется по срабатыванию соответствующего реле напряжения в ячейке ТН, реагирующего на  $3U_0$ . Однако вопросы выявления однофазных замыканий на землю представляют собой огромный объем частных решений в зависимости от топологии сети, варианта заземления нейтрали и величин токов замыкания на землю [5]. Защиты от однофазных замыканий на землю, как правило, даже не интегрируются в устройства РЗА присоединений, а представляют собой централизованное решение. Соответственно, в задачи ССПИ могут входить вопросы передачи информации о фактических токах нулевой последовательности присоединений, а также передачи информации от устройств защит от замыканий на землю при наличии соответствующей технической возможности.

**Определение места повреждения при междуфазных коротких замыканиях**

Для определения места повреждения по параметрам аварийного режима (ПАР), то есть по токам и напряжениям поврежденной линии в промежутке времени от появления повреждения до его ликвидации релейной защитой, должны использоваться трансформаторы тока, позволяющие измерять аварийные токи соответствующей кратности, то есть обмотки класса точности 10Р. Данные обмотки трансформаторов тока не используются в комплексах ССПИ, поэтому функцию ОМП по ПАР реализовать, используя информацию, полу-

чаемую контроллерами телемеханики присоединений, невозможно. Более того, учитывая особенности протекания токов КЗ в кабельных линиях, даже при использовании информации релейных обмоток трансформаторов тока, определить точное место повреждения практически невозможно. Для этого используются различные методы, в том числе индукционный, акустический, импульсный, метод колебательного разряда и т.п., но все эти методы применимы на уже отключенных от сети присоединениях и не оперируют данными о параметрах аварийного режима. В настоящее время в документации на некоторые устройства телемеханики сообщается об алгоритмах, якобы позволяющих получать точную информацию о КЗ. Очевидно, данные сообщения являются, как минимум, инструментом недобросовестного маркетинга.

#### **Определение места повреждения при однофазных замыканиях на землю**

Определить место замыкания на землю в сетях с изолированной либо заземленной через дугогасящий реактор нейтралью по параметрам режима невозможно: величина емкостного тока не зависит от удаленности места повреждения от источника питания, а зависит от суммарной емкости сети относительно земли (рисунок 3). Так, в частном случае, при количестве присоединений на секции, равном двум, ток нулевой последовательности поврежденного присоединения будет равен току нулевой последовательности неповрежденного присоединения. А в сетях большой суммарной протяженности, где емкостной ток компенсируется включением ДГР, понятие «емкостной ток поврежденного присоединения» теряет всякий смысл. Для определения места повреждения при однофазных замыканиях обычно используют акустический, петлевой методы, метод колебательного разряда и другие. Все методы определения места повреждения применяются только на отключенных от сети линиях.

#### **Запись и просмотр осциллограмм аварийных режимов**

Как было указано ранее, обмотки трансформаторов тока классом точности 0,5 не предназначены для измерения параметров аварийных режимов. Поэтому значения токов и напряжений, которые передаются на контроллер телемеханики, нельзя использовать для анализа аварий в сети. Однако контроллер HVD3-RTU7 имеет возможность скачивать осциллограммы аварийных режимов из терминала РЗА соответствующего присоединения и передавать их по каналам связи телемеханики на диспетчерский пункт. При этом действует механизм поэтапной передачи осциллограмм частями для того, чтобы не «забивать» каналы связи с сервером ССПИ и диспетчерским пунктом.

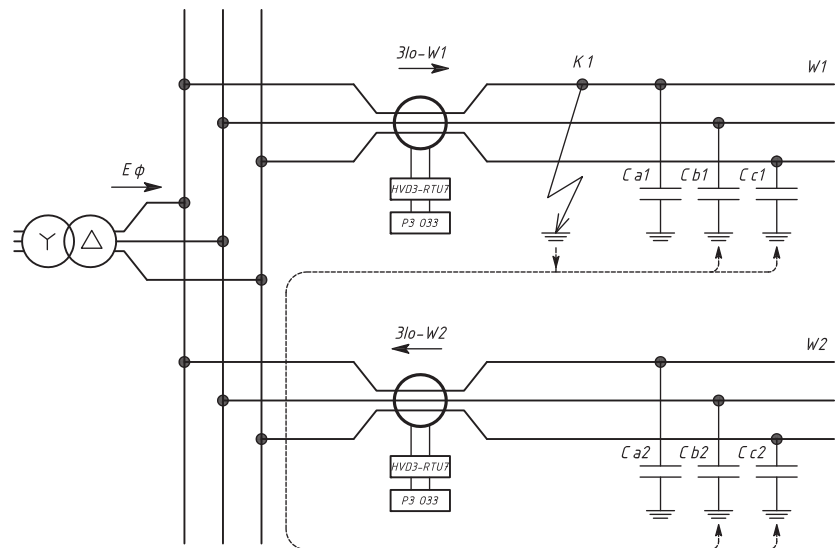



Рис. 3. Распределение токов при однофазном замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью

### **ВЫВОДЫ**

В настоящей статье произведен анализ объема телемеханической информации, собираемой с присоединений существующих распределительных сетей 6–20 кВ, и дана оценка возможности использования этой информации для реализации дополнительных функций, которые могут повысить эффективность диспетчерского управления.

Очевидно, что, с одной стороны, интеграция информации от различных устройств и приборов в систему телемеханики позволяет получать более комплексную информацию о состоянии сети и нестандартных ситуациях. С другой стороны, на волне импортозамещения и внедрения инноваций появляется некоторое количество недобросовестных продавцов и маркетологов, приписывающих своим системам физически невыполнимые свойства, что требует от персонала заказчиков, проектных организаций и пр. повышенного внимания к технической документации и техническим знаниям. 

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Указ Президента Российской Федерации от 22.11.2012 г. № 1567 «Об открытом акционерном обществе «Российские сети».
2. Арцишевский Я.Л., Вострокнутов С.А., Земцов А.А., Мухин В.С. Интеллектуальная технология управления в системе электроснабжения с источником распределенной когенерации для Новой Москвы // Энергетик, 2013, № 6. С. 50–54.
3. Кузин А.С. Особенности интеграции устройств РЗА и комплексов телемеханики в распределительных сетях 6–20 кВ // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2016, № 1(34).
4. Арцишевский Я.Л., Вострокнутов С.А., Земцов А.А. Обеспечение надежности и качества электроснабжения // Электроэнергия. Передача и распределение, 2010, № 3. С. 14–17.
5. Борковский С.О., Горева Т.С., Горева Т.И. Проблема диагностики однофазных замыканий на землю в сетях с малыми токами замыкания на землю // Фундаментальные исследования, 2014, № 9–5. С. 954–959.