

Практические аспекты реализации и эксплуатации устройств РЗА в условиях применения стандарта IEC 61850

И.Н.НИКОЛАЕВ, Н.В.ПОДШИВАЛИН
ООО «Исследовательский центр «Бреслер»
Россия
nikolaev_in@ic-bresler.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

IEC61850, MMS, GOOSE, Sampled Values, Ethernet, резервирование PRP, HSR.

1 ВВЕДЕНИЕ

Популярность стандарта МЭК 61850 в России с каждым годом растет. И это не случайно, ведь этот стандарт, пришедший на смену множеству протоколов, позволяет перейти на качественно новый уровень организации систем АСУ ТП, обеспечить взаимобмен данными между устройствами и реализовать подстанцию, построенную на цифровых принципах передачи данных – цифровую подстанцию.

На сегодняшний день как зарубежные, так и отечественные производители готовы предложить на рынке устройства с поддержкой МЭК 61850. ООО «Исследовательский центр «Бреслер» не является исключением. У нас за спиной несколько лет активных работ по изучению, реализации и практическому применению данного стандарта. Были проведены испытания по интеграции наших устройств в различные системы АСУ ТП, экспериментально подтверждена совместимость с устройствами других производителей как в части обмена GOOSE сообщениями, так и в части обмена выборочными значениями по спецификации 9-2 LE. [1][2]

В докладе обобщен опыт специалистов ООО «ИЦ «Бреслер» по использованию стандарта МЭК 61850 и отражены наиболее важные практические особенности его практического применения:

- проблемы обеспечения совместимости при интеграции устройств в системы АСУ ТП;
- обмен между устройствами посредством GOOSE-сообщений и организация шины процесса;
- синхронизация времени;
- коммутационное оборудование и резервирование;
- самодиагностика и режим тестирования;
- конфигурирование подстанции.

2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Работа устройств РЗА с применением стандарта МЭК 61850

В России на сегодняшний день подавляющее количество подстанций не подразумевают применение стандарта МЭК 61850. Даже, если рассмотреть только подстанции, построенные с использованием микропроцессорных устройств РЗА и оборудованные системами АСУ ТП, число подстанций с применением нового стандарта еще очень мало.

С точки зрения устройства РЗА можно выделить три основных вида задач, выполняемых с помощью МЭК 61850:

- интеграция в АСУ ТП;
- межтерминальный обмен дискретными сигналами;
- полноценная работа с шиной процесса.

Если МЭК 61850 используется на подстанции только с целью обеспечения мониторинга, сбора данных, телеуправления и сигнализации, это является простым развитием ставшей классической архитектуры подстанции, с одним лишь отличием – для связи используется Ethernet и необходима соответствующая коммуникационная сеть – шина подстанции. С точки зрения релейной защиты порядок проектирования, наладки, тестирования и конфигурирования не изменяется. Необходимо лишь соответствующим образом обеспечить настройку системы АСУ ТП. Идеология самоописания, заложенная в стандарте, призвана упростить работу по интеграции устройств. Здесь стоит отметить, что на подстанциях такого типа для интеграции в АСУ ТП устройств, не имеющих поддержки МЭК61850, могут применяться специальные устройства – преобразователи протоколов, если функционал, реализуемый поддерживаемым в устройствах протоколе, обеспечивает решение требуемых задач. Конвертеры должны отвечать требованиям по быстродействию, предъявляемым к системам сбора данных.

Для подстанций, на которых планируется использовать дополнительно межтерминальный обмен, необходимо учитывать это при проектировании не только АСУ ТП, но и системы РЗА. Если для классических подстанций сигналы взаимоблокировок и пусков передаются посредством обычных медных проводов, то в новых условиях применяется цифровая передача по шине подстанции либо шине процесса. Это означает, что уже на этапе проектирования РЗА должны выдвигаться требования к организации информационно-коммуникационной сети. Нельзя забывать и о необходимости дополнительного конфигурирования этих взаимосвязей.

Для цифровых подстанций, на которых помимо шины подстанции полноценно используется шина процесса, работы по проектированию системы РЗА и системы АСУ ТП переплетаются еще более тесно. С точки зрения РЗА необходимо учитывать и выдвигать требования к каналам связи, их пропускной способности, надежности. Возможности алгоритмов защит могут быть расширены в условиях цифровой информационной системы,

Учитывая широкое использование различного вида информации в системах, основанных на стандарте МЭК 61850, возникает необходимость обеспечения безопасности данных и коммуникаций. Требования и механизмы обеспечения безопасности раскрыты в стандарте МЭК 62351-6.

Подводя итог, можно отметить, что на классической подстанции сети связи используются только для задач АСУ ТП, но чем выше степень применения стандарта МЭК 61850, тем более явно выделяется задача проектирования локальной информационной сети связи, которая должна обеспечивать выполнение как задач АСУ ТП, так и РЗА.

2.2 Проблемы обеспечения совместимости при интеграции с использованием MMS

Часть стандарта МЭК 61850, описывающая использование в качестве основы для обеспечения связи с верхним уровнем спецификацию MMS, достаточно тщательно проработана и обеспечивает с одной стороны гибкость в его применении, но с другой стороны имеет и множество ограничений. [3] Это приводит к тому, что при разработке систем АСУ ТП производители могут ограничивать спектр поддерживаемых функций либо поддерживаемых сервисов. Это становится проблемой, если устройство РЗА подразумевает тот или иной тип работы, на который не рассчитана система АСУ ТП, например, если устройство не поддерживает работу с динамическими наборами данных (датасетами), а система АСУ ТП не предполагает возможность использования статических датасетов для устройства.

Другая важная проблема является результатом стандартизации логических узлов в документе.[4] К сожалению, часто оказывается, что предлагаемые стандартом узлы не применимы для функций терминала. Это может быть обусловлено отличием реализации тех или иных функций релейной защиты в устройствах, различным представлением уставок и сигналов в системах. Производители систем АСУ ТП могут не закладывать возможности отклонения структур данных от описанных в стандартах, и часто именно так и поступают. В такой ситуации производители интегрируемых устройств могут пойти двумя путями – либо

полностью отказаться от использования стандартных логических узлов и реализовывать всю структуру устройства с использованием GGIO, либо стремиться привести уставки и данные функций к представлениям, описанным в стандартах. Оба варианта имеют свои недостатки. Первый путь сводит на нет стремление к самоописанию данных, а второй может привести к недоступности некоторых данных, для которых не нашлось места в стандартных логических узлах.

Устройства РЗА производства ООО «Исследовательский центр «Бреслер» уже несколько лет имеют возможность интеграции в системы АСУ ТП с использованием стандарта МЭК 61850. Имеется поддержка всех необходимых моделей и сервисов MMS (Таблица 1.). Структуры данных соответствуют требованиям стандарта IEC 61850-7. Кроме того, устройства поддерживают возможность получения осциллограмм по протоколу FTP, что также регламентировано стандартом. Одной из особенностей устройств нашего производства является возможность подстройки под особенности систем АСУ ТП и устройств других производителей. При необходимости может быть изменен как набор логических узлов, так и структуры их данных. Такой подход должен обеспечивать возможность интеграции в системы любых производителей

2.3 Обмен между устройствами с использованием GOOSE

Появление возможности организации логических связей между устройствами посредством цифровых каналов позволяет значительно снизить общее количество кабельного хозяйства, используемого на подстанции, как между шкафами, так и между устройствами внутри шкафа. Все необходимые сигналы взаимоблокировок, срабатываний, пусков могут передаваться по одному физическому информационному каналу. Еще одно важное преимущество – контроль актуальности сигнала и исправности самоисточника сигнала и канала связи. Это позволяет обеспечить принимающее устройство информацией о качестве входных данных. Использование этой информации устройством может позволить заблаговременно выявить проблемы в логических взаимосвязях устройств и физических каналов связи, однако это приводит к необходимости усложнения алгоритмов защиты для обеспечения правильной работы защиты в случае выявления проблем.

Нельзя не отметить и некоторые негативные последствия такого решения:

- все данные передаются не индивидуально, а по одному каналу связи, нарушение функционирования которого приводит к пропаданию всей информации, передаваемой по нему;
- взаимосвязи становятся неявными, не видными невооруженным глазом, и, не имея информации о конфигурации системы, невозможно определить, как устройства влияют друг на друга;
- усложняются процессы наладки и тестирования.

Вопросы обеспечения надежности каналов связи и проблемы наладки и тестирования рассмотрены ниже.

На любой подстанции организуется огромное количество взаимосвязей устройств и не удивительно, что порой ошибки монтажа и конфигурирования обнаруживаются на этапе наладки или в процессе эксплуатации. Если для классической подстанции, как правило, есть возможность при помощи простейших приборов проверить правильность монтажа, то в условиях применения GOOSE-обмена между устройствами такой возможности нет. Возникает необходимость использования специального оборудования – мониторов информационного обмена, требуется не только контролировать наличие необходимых данных в сети, но и проверять правильность конфигурирования устройств, участвующих в обмене. Это обуславливает дополнительные требования к квалификации обслуживающего персонала.

2.4 Шина процесса и особенности работы устройств на цифровой подстанции

Особого внимания заслуживает предоставляемая стандартом МЭК 61850 возможность организации всех взаимосвязей между устройствами подстанции посредством цифровых каналов связи. Передача данных от цифровых измерительных преобразователей (ЦИП) до

устройств-приемников и передача команд управления коммутационному оборудованию осуществляется в цифровом виде посредством шины процесса. По шине подстанции передаются данные в АСУ ТП и прочие сигналы между устройствами. Такой способ является инновационным для электроэнергетики и имеет множество преимуществ перед классическими реализациями. Эти преимущества неоднократно озвучивались в статьях и докладах.

Недостатки этого подхода аналогичны тем, что были озвучены в подразделе 2.3, но с небольшим дополнением. Возникает необходимость обеспечения совместимости ЦИП и РЗА разных производителей с учетом их особенностей не только по стандарту, но и по способу организации измерений. В некоторых случаях это может оказаться сложной задачей.

Исключение измерительного тракта из устройств РЗА оказывает серьезное влияние на алгоритмы, реализуемые в устройствах. Наиболее важные с точки зрения РЗА вопросы, которые необходимо учесть:

- вероятность пропадания выборок и алгоритм обработки данных в случае их недостаточности;
- вероятность возникновения небольших отклонений во времени доставки данных;
- учет особенностей различных типов ЦИП;
- необходимость обеспечения высокой степени синхронности выборок, измеряемых различными ЦИП;
- резервирование ЦИП.

Первые четыре аспекта должны учитываться при разработке устройств РЗА и их конфигурировании, т.к. они оказывают прямое влияние на основные характеристики устройств защиты. Степень синхронности выборок оказывает влияние на угловую погрешность измерений ЦИП, и это особенно важно учитывать в устройствах, использующих мгновенные величины, измеренные разными ЦИП, совместно.

На классической подстанции каждое устройство РЗА имеет свои промежуточные и измерительные трансформаторы, и для обеспечения требуемой надежности системы достаточно обеспечения резервирования самих устройств РЗА. Для цифровой подстанции помимо резервирования каналов связи, необходимо обеспечить также резервирование самих ЦИП, иначе выход из строя измерительного преобразователя присоединения приведет к полной потере информации для нужд РЗА о процессах, происходящих на присоединении. Организация получения и использования данных от ЦИП в устройствах РЗА заслуживают отдельной темы обсуждения.

В настоящее время ООО «ИЦ «Бреслер» готово к выпуску устройств РЗА для работы в составе цифровых подстанций. Выпущено несколько опытных образцов устройств с поддержкой работы по шине подстанции и шине процесса таких типов, как КСЗ, ДЗТ, ДЗО и прочие. Образцы применялись в нескольких испытаниях на совместимость и неоднократно демонстрировались на выставках. Именно благодаря гибкости в конфигурировании GOOSE и SV обмена, удалось обеспечить совместную работу даже с устройствами, имевшими незначительные отклонения от требований стандарта МЭК 61850.

2.5 Коммутационное оборудование и методы резервирования каналов связи

Для цифровых подстанций надежность шины процесса играет определяющую роль в обеспечении надежности функционирования РЗА. Шина процесса фактически является основным способом взаимодействия устройства РЗА с внешним оборудованием – коммутационным и измерительным. Задача протоколов резервирования заключается в обеспечении доставки данных от источника к приемнику по одному из доступных маршрутов. Многие методы резервирования, применимые в условиях шины подстанции, такие как STP (Spanning Tree Protocol), RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol), MRP (Media Redundancy Protocol) имеют определенные ограничения – время восстановления сети и допустимая топология. Например, для протокола RSTP при большом количестве узлов время восстановления связи может достигать 1 секунды. Использование протокола MRP позволяет уменьшить это время до 10-50 мс, однако даже такие времена для шины процесса оказываются критичными[5].

Для резервирования каналов связи, образующих шину подстанции, необходим иной подход. В основе этого метода лежит постоянное существование минимум двух

одновременных активных соединений между устройствами. Все кадры синхронно отправляются и принимаются устройствами по двум Ethernet каналам. В ситуации, когда две параллельные сети идентичны, время переключения основного на резервный канал близко к нулю. Эти принципы используются в основе современных методов параллельного и бесшовного резервирования – PRP (Parallel Redundancy Protocol) и HSR (High-availability Seamless Redundancy). HSR, в отличие от PRP, разработан для кольцевой топологии сети[6].

Здесь стоит отметить важность реализации поддержки данного протокола именно в устройствах РЗА и ЦИП. Несмотря на то, что на сегодня в случае отсутствия поддержки устройством этих протоколов есть возможность применения специализированных устройств Redundancy Box, такое решение усложняет общую структуру сети, вносит дополнительные задержки в передачу данных по каналам связи и, что немаловажно, приводит к отсутствию резервирования самих устройств RedBox, что не способствует повышению надежности.

Устройства производства ООО «ИЦ «Бреслер» имеют поддержку PRP на обоих парах портов связи: и шине процесса, и шине подстанции. Это позволяет обеспечить необходимую надежность системы РЗА в условиях цифровой подстанции.

2.6 Самодиагностика и режим тестирования

С точки зрения классической подстанции идеология самодиагностики и тестирования не зависит от применения тех или иных стандартов связи с АСУ ТП. Устройство независимо и имеет встроенную функцию самодиагностики с сигнализацией, а для тестирования устройства осуществляется вывод его из работы. При выявлении неисправности устройство исключает воздействие на выходные цепи и обеспечивает сигнализацию своего состояния. Другие устройства, получающие от него дискретные сигналы, могут и не знать о проблемах.

Одной из важнейших особенностей подстанций, построенных на цифровых принципах, является иной подход к самодиагностике и тестированию. Эти функции выходят с частного на системный уровень.

Самодиагностика устройства становится частью общей самодиагностики системы. Это достигается за счет привязки ко всем данным, передаваемым между устройствами, дополнительного признака - качества. Стандарт предлагает несколько степеней достоверности информации: хорошая, сомнительная, плохая. В том числе имеется возможность детализировать причину этой недостоверности, например, переполнение или неисправность.

В реальных условиях эта детализация избыточна, определять и задавать порядок работы устройств и их функций при возникновении тех или иных ошибок для каждого из элементов системы достаточно не просто. С точки зрения устройства-источника снабдить этой информацией каждый из элементов данных не составит труда, но определить и задать порядок действий для каждой из ситуаций в каждом из устройств-приемников может потребовать больших усилий. Как правило, для устройства-приемника достаточно знать являются ли данные достоверными, если нет, то оно может либо исключить использование данных, либо переключиться на резервные источники. Например, если в системе имеется несколько ЦИП измеряющих напряжение на шинах, то устройство-приемник может реализовать алгоритмы учета информации о самодиагностике от ЦИП и обеспечить работу РЗА в условиях выхода из строя одного из измерительных преобразователей. В условиях классической подстанции такой подход реализовать невозможно, и эта проблема решается резервированием всей цепочки, включающей и второй измерительный трансформатор, и второе устройство РЗА.

За счет реализации в терминалах РЗА серии «Бреслер» гибкой логики имеется возможность легко адаптировать алгоритмы резервирования входных данных и частичного вывода функций устройства из работы, таким образом обеспечивая максимальную защиту энергообъекта.

Порядок тестирования устройств на цифровой подстанции до сих пор остается предметом обсуждений. Те механизмы, которые должны были обеспечить тестирование устройств, заложенные в первой ревизии стандарта, оказались явно недостаточны. В основе концепции тестирования устройств по стандарту МЭК 61850 лежит возможность тестирования «до функции». Т.е. любая функция устройства может быть переведена в режим тестирования на некоторое время и это не должно оказать влияния на работу всей системы. На наш взгляд,

необходимо сохранить прежнюю идеологию, при которой в тестовый режим переводится устройство РЗА целиком. Такой подход более привычен для обслуживающего персонала и обеспечивает наблюдаемость режима устройства – ключ на шкафу, общий светодиод тестирования на шкафе или терминале.

Рассмотрим ситуацию с тестированием устройства на объекте без исключения его из информационной сети. Вторая редакция стандарта подразумевает, что при переводе терминала в режим тестирования возникает ситуация, когда данные для тестируемого устройства вводятся в сеть от тестового оборудования параллельно с существующими данными [7]. В качестве примера можно привести включение в сеть устройства-источника тестовых аналоговых сигналов, например РЕТОМ-61850, и начало формирования тестового потока 9-2, с проставлением флага теста в данные. При этом в той же сети будет существовать аналогичный поток от ЦИП с теми же параметрами, но без флага тестового режима. Устройство, подписанное на этот поток и находящееся в тестовом режиме, будет работать с данными из тестового потока, а другие устройства, подписанные на этот же поток, но находящиеся в нормальном режиме, будут работать с данными от ЦИП. Аналогичная ситуация будет и с сигналами GOOSE. Однако возникает вопрос, какие выходные воздействия должно осуществлять тестируемое устройство. Для устройства РЗА классической подстанции, как правило, в тестовом режиме запрещаются выходные воздействия устройства. Это позволяет провести все необходимые испытания без вероятности ложного действия на прочие устройства. В случае цифровой подстанции, прочие устройства осуществляют дополнительный контроль наличия данных от тестируемого устройства, а это значит, что перевод одного устройства в тестовый режим приводит к дефициту данных для других устройств. Это связано с тем, что тестируемое устройство начнет снабжать свои данные флагом тестового режима, и они будут игнорироваться получателями, находящимися в нормальном режиме.

Для обеспечения корректной работы системы в режиме тестирования важно согласовать работу устройств. Тестовый режим и режим вывода устройства из работы в составе цифровой подстанции на сегодня остается открытым вопросом, который требует обсуждения и проработки.

3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стандарт МЭК 61850 значительно расширяет возможности по организации цифровых взаимосвязей между устройствами, позволяет перейти на качественно новый уровень организации подстанции. Новые возможности накладывают дополнительные требования как на оборудование подстанции, персонал, системы связи, так и на сами процессы, организуемые на подстанции.

Описанные в статье практические результаты применения стандарта являются итогом работы коллектива специалистов ООО «ИЦ «Бреслер». Благодаря заложенной гибкости в идеологии построения устройств достигается совместимость с оборудованием и программным обеспечением других производителей. В настоящее время устройства готовы к работе в условиях цифровых подстанций и экспериментальных полигонов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Голубев С.В., Голиков И.Н. Построение комплексной АСУ ТП на базе стандарта МЭК 61850 от компании ООО «ИЦ «Бреслер», Сборник докладов РЗА 2008, М., 2008.
- [2] Летуновский Д.Н., Фербиков Д.М., Николаев И.Н. Российские производители достигли совместимости при работе по шине процесса МЭК 61850-9-2LE, Релейная защита и автоматизация, № 04, 2011.
- [3] IEC 61850. Part 7-2: Basic communication structure for substation and feeder equipment – Abstract communication service interface (ACSI).

- [4] IEC 61850. Part 7-4: Basic communication structure for substation and feeder equipment – Compatible logical node classes and data classes.
- [5] Лопухов И. Концепция параллельного и кольцевого резервирования: //Современные технологии автоматизации. - № 1, 2012.
- [6] IEC 62439-3. Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless Redundancy (HSR).
- [7] Henry DAWIDCZAK, Thierry DUFAURE, Heiko ENGLERT. Testing in IEC 61850 Edition 2.