

Перспективы внедрения обмена дискретными сигналами с использованием GOOSE сообщений

Цифровая подстанция (ЦПС) – объект электроэнергетики, на котором обмен аналоговыми и дискретными сигналами между устройствами, обеспечивающими технологический процесс, осуществляется с использованием цифровых сообщений.

При этом следует отметить, что внедрение систем сбора, хранения и обработки информации, систем автоматизации, контроля и управления технологическими процессами возможно не только на ЦПС, но и на оснащенных микропроцессорными устройствами подстанциях (ПС) на базе традиционных решений по обмену аналоговыми и дискретными сигналами.

Авторы:

Харламов В.А.,
Кисляков М.Е.,
Романов С.Е.,
Хасанов А.Х.

Один из вариантов построения ЦПС реализуется на базе стандартов МЭК 61850 с использованием в качестве коммуникационной среды сети Ethernet. Иногда объекты электроэнергетики, где согласно МЭК 61850 [1] организован только обмен между устройствами РЗА и автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУ ТП), называют ЦПС. Но такие объекты не являются ЦПС, т.к. интеграция устройств РЗА в АСУ ТП на всех современных ПС осуществляется с использованием цифровых сообщений независимо от используемого протокола, например, MMS согласно МЭК 61850, ГОСТ Р МЭК 60870-5-101, ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 и т.д.

Существуют альтернативные решения по построению цифрового обмена на ЦПС, отличающиеся от описанных в МЭК 61850, например:

- ЦПС 35 кВ на симбиозе протоколов FlexRay и МЭК-61850-9-2 [2], что позволяет снизить стоимость реализации;
- ЦПС 110 кВ с шиной процесса Hard Fiber по схеме «точка-точка» компании GE без использования локальной вычислительной сети (ЛВС) [3], что позволяет увеличить надежность;
- использование синхронных интерфейсов SPI вместо шины процесса [4], что снижает себестоимость и увеличивает надежность.

Несмотря на очевидные технические и экономические преимущества альтернативных решений перед ЦПС на базе МЭК 61850 их крайне существенным недостатком является то, что в них нельзя использовать оборудование других производителей. Таким образом, основное преимущество ЦПС на базе МЭК 61850 перед альтернативными вариантами исполнения – потенциальная совместимость устройств различных производителей. Кроме того, построение ЦПС на базе МЭК 61850 позволит:

- уменьшить расходы при проектировании, наладке и эксплуатации за счет использования стандартных инструментов (программного обеспечения, средств измерения и испытательных комплексов);
- снизить затраты на подготовку специалистов для проектирования, наладки и эксплуатации.

Поэтому в настоящее время, несмотря, в том числе, на широко известные недостатки сетей Ethernet, перспективной является реализация ЦПС на базе МЭК 61850, если, конечно, в ближайшее время не будут опубликованы стандарты, описывающие альтернативные решения по построению ЦПС. Последнее представляется маловероятным, т.к. ведущие мировые производители оборудования сделали существенные инвестиции в развитие решений на базе МЭК 61850 и имеют вполне естественное желание

их вернуть. Прогнозировать развитие коммуникационной среды и протоколов для ЦПС в долгосрочной перспективе не представляется возможным.

GOOSE СООБЩЕНИЯ СОГЛАСНО МЭК 61850-8-1

Для передачи дискретных сигналов на ЦПС на базе МЭК 61850 используются GOOSE сообщения, передаваемые между обеспечивающими технологический процесс устройствами по внутриобъектовой ЛВС.

По сравнению с традиционными решениями для передачи дискретных сигналов внутри объекта с использованием дискретных входов и выходов, соединенных электрическими сигнальными кабелями, цифровой обмен, в том числе и GOOSE сообщениями, позволяет:

- обеспечить практически непрерывный контроль наличия соединения между устройствами, что является его основным преимуществом;
- уменьшить объем кабельной продукции и число клеммных соединений, сократить время прокладки кабелей между устройствами и объем работ по их проверке;
- модифицировать и масштабировать, при наличии необходимости, сеть передачи дискретных сигналов между устройствами внутри объекта довольно часто без прокладки дополнительных кабелей;
- значительно сократить размеры сети оперативного тока и оптимизировать ее структуру, что ведет к:
 - снижению емкости сети оперативного тока относительно земли,
 - уменьшению вероятности замыканий во вторичных цепях,
 - упрощению поиска замыканий в сети оперативного тока;
- исключить недостатки передачи технологической информации по контрольным кабелям, связанные с формированием ложных дискретных сигналов вследствие:
 - влияния электромагнитных помех большого уровня,
 - замыканий на землю в цепях оперативного постоянного тока на землю,
 - снижения сопротивления изоляции сигнальных кабелей;
- при использовании в ЛВС в качестве соединительных линий волоконно-оптических кабелей исключить искажение информации из-за электромагнитных помех.

Для повышения надежности обмена GOOSE сообщениями внутри объектов необходимо использование протоколов бесшовного резервирования HSR и PRP [5]. Также для повышения надежности передачи GOOSE сообщений перспективно выглядит построение ЛВС на базе технологии SDN (Software Defined Network, программно определяемые сети) [6].

Для успешного широкого внедрения обмена GOOSE сообщениями необходимо выполнить ряд мероприятий, связанных с:

- созданием национальной нормативно-технической базы, без которой возможна только реализация пилотных проектов;
- разработкой типовых технических решений для ЦПС, которые должны обеспечить взаимозаменяемость устройств различных производителей, уменьшить стоимость внедрения и упростить эксплуатацию;
- обеспечением функциональной совместимости с существующими традиционными решениями, использующими для передачи дискретных сигналов дискретные входы и выходы, соединенные электрическими сигнальными кабелями;
- повышением квалификации персонала проектных организаций и энергопредприятий для работы с новым оборудованием и инструментами;
- оценкой надежности новых решений, в том числе в аспекте информационной безопасности, которая может быть подтверждена с определенным доверительным интервалом только опытом эксплуатации на большом числе объектов (предлагаемые теоретические оценки вызывают ряд вопросов).

В настоящее время в данных направлениях идет поступательное, может быть и не совсем быстрое, движение вперед. Следует отметить иницированную ПАО «ФСК ЕЭС» работу по созданию единой базы типовых технических решений для систем РЗА и АСУ ТП всех классов напряжения и различных архитектур построения ПС, в том числе с полноценной поддержкой стандарта МЭК 61850. Работа выполнялась ведущими российскими компаниями-разработчиками и проектными организациями при поддержке специалистов ПАО «ФСК ЕЭС». Результат совместной работы отражен в НИОКР «Разработка электронного каталога типовых проектных решений для проектиро-

вания и конфигурирования оборудования системы защиты, управления ПС, включая решения по Цифровым ПС с применением наилучших доступных технологий» (далее НИОКР).

В НИОКР с точки зрения передачи дискретных сигналов представлены следующие решения:

- описан типизированный обмен дискретными сигналами в рамках традиционных ПС через дискретные входы и выходы по контрольным кабелям;
 - описан типизированный обмен GOOSE сообщениями для ЦПС, построенных в соответствии с МЭК 61850 (как для систем релейной защиты (РЗ), так и систем противоаварийной автоматики (ПА) сформирован перечень сигналов и логических узлов с обозначениями по МЭК 61850 взамен обезличенных GGIO);
 - приведены типовые решения по обмену командами РЗ и ПА между существующими ПС и ЦПС, реализуемыми в соответствии с МЭК 61850;
 - приведены типовые решения по обмену дискретными сигналами на ПС с одновременной реализацией традиционных решений и концепции ЦПС;
 - сформирован перечень типовых информационных сигналов пусков, срабатываний, сигнализаций и неисправностей с обозначениями согласно МЭК 61850, выдаваемый в АСУ ТП и в формате COMTRADE;
 - сформирован типовой перечень управляющих сигналов от АСУ ТП с обозначениями согласно МЭК 61850;
 - разработаны типовые структурные схемы взаимодействия функций РЗА и требования к типовым шкафам с оборудованием как для традиционных ПС, так и для ЦПС (расположение оборудования, типовая сигнализация и управление, расположение и нумерация клеммных рядов и т.д.);
 - разработан корпоративный профиль МЭК 61850.
- Результаты НИОКР могут служить базой для обсуждения национального профиля МЭК 61850.
- Вопросы информационной безопасности в рамках НИОКР не рассматривались, т.к. это отдельная серьезная задача. При этом стоит отметить, что типизация решений снижает защищенность объектов от кибератак, т.к. упрощает злоумышленникам выбор целей.

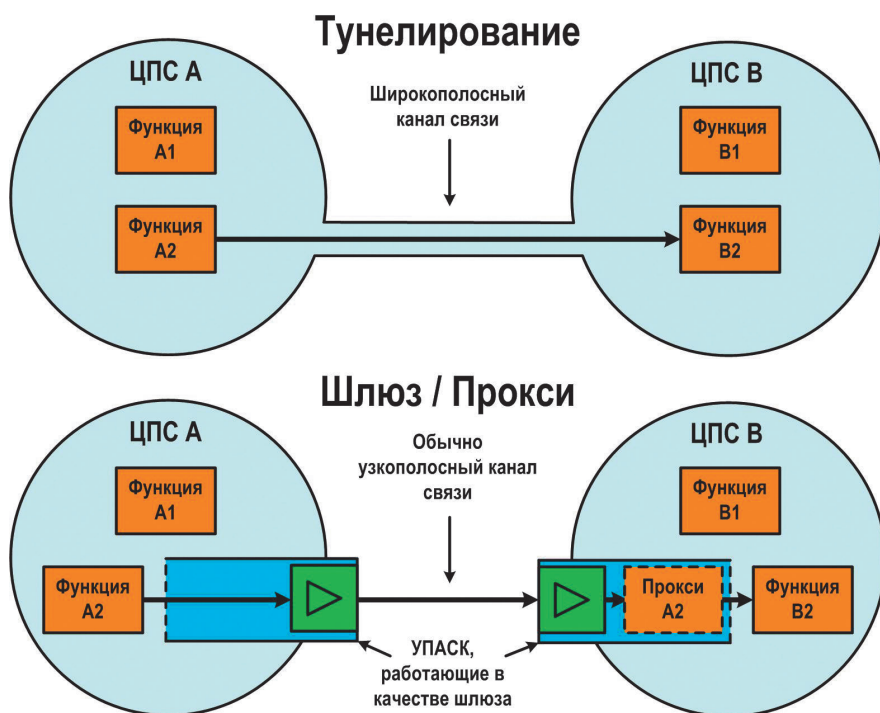


Рис. 1. Варианты обмена GOOSE сообщениями между ЦПС согласно МЭК 61850

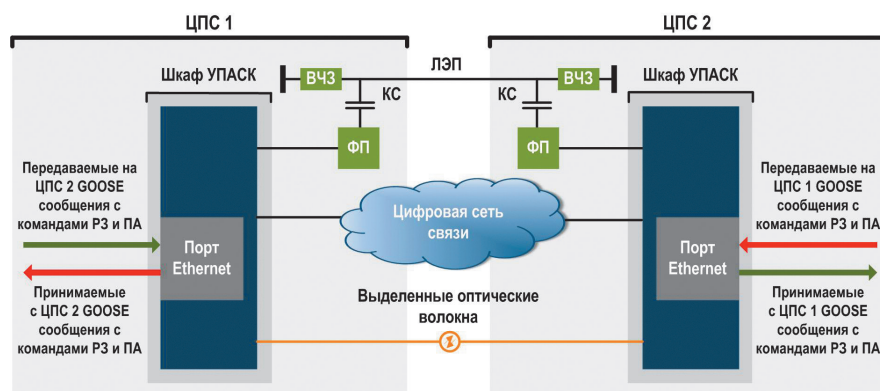


Рис. 2. Передача команд РЗ и ПА между ЦПС согласно МЭК 61850

ПЕРЕДАЧА КОМАНД РЗ И ПА МЕЖДУ ОБЪЕКТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GOOSE СООБЩЕНИЙ

Согласно МЭК 61850 [7] для обмена GOOSE сообщениями между объектами электроэнергетики можно использовать два варианта, приведенные на рис. 1.

Первый вариант – тунелирование, где между объектами организуется широкополосный канал связи, по которому с помощью маршрутизаторов передаются GOOSE сообщения. Очевидный недостаток данного варианта – необходимость высокоскоростного канала связи. Такое решение предполагает отказ от использования высокочастотных (ВЧ) каналов свя-

зи, т.к. организовать высокоскоростные и высоконадежные цифровые ВЧ каналы невозможно [8], особенно если учитывать необходимость передачи команд РЗ и ПА при наличии короткого замыкания (КЗ) на линии электропередачи (ЛЭП). Кроме того, при использовании данного варианта на маршрутизаторах невозможно организовать визуальную сигнализацию прохождения отдельных команд РЗ и ПА по каналу и обеспечить управление вводом и выводом приема отдельных команд ключами. Согласно концепции развития релейной защиты и автоматики [9] оперативный персонал ПС (оперативно-выездной бригады) должен иметь возможность изменить режим работы устройства и коммутационных

аппаратов с применением местного управления, т.е. вводить и выводить команды РЗ и ПА ключами, что особенно важно для команд ПА, которые довольно часто проходят через ПС транзитом. Реализация тунелирования для передачи команд ПА несколько проблематична при наладке, т.к. в отличие от команд РЗ, которые передаются между двумя или небольшим числом ПС в случае наличия у ЛЭП ответвлений, команды ПА передаются в пределах всей энергосистемы. Также очевидно, что использование тунелирования позволит обеспечить обмен дискретными сигналами только между ЦПС. Для обмена дискретными сигналами между ЦПС и ПС с традиционной архитектурой необходимы другие решения.

Второй вариант – шлюз/прокси, который предполагает использование устройств передачи аварийных сигналов и команд (УПАК) для обмена GOOSE сообщениями между объектами. В данном варианте УПАК на передающей стороне преобразует дискретные сигналы из GOOSE сообщений в аналоговый или цифровой сигнал, который предназначен для надежной и безопасной передачи команд РЗ и ПА по используемому каналу. На приемной стороне УПАК из принятых по каналу дискретных сигналов формирует в прокси GOOSE сообщения. Данный вариант позволяет использовать для обмена GOOSE сообщениями между объектами как широкополосные, так и узкополосные (в том числе ВЧ) каналы связи, осуществлять индикацию передачи и приема команд РЗ и ПА и вводить/выводить их по приему ключами как всех вместе, так и по отдельности. Кроме того, при использовании УПАК для передачи GOOSE сообщений ЛВС на объектах оказываются физически изолированными друг от друга, что позволяет упростить обеспечение их информационной безопасности.

В силу указанных выше причин в НИОКР в типовых решениях использование тунелирования для обмена GOOSE сообщениями между объектами не предусматривается. Рассматриваются только типовые решения с использованием шкафов УПАК, работающих по ВЧ трактам, цифровым сетям связи (ЦСС) и выделенным оптическим волокнам (ОВ), что показано на рис. 2. В типовых шкафах УПАК для сигнализации прохождения каждой команды РЗ и ПА предусмотрена светодиодная сигнализация с фиксацией и сбросом. Для общего и индивидуального ввода и вывода принимаемых команд предусмотрены

виртуальные ключи, положение которых сохраняется в энергонезависимой памяти. Предусматривается местное и дистанционное управление сбросом сигнализации и виртуальными ключами. Для местного изменения положения виртуальных ключей предусматриваются функциональные клавиши с индикацией их состояния на двух светодиодах «Работа» и «Выход».

Совершенно очевидно, что ЦПС не будут внедрены в энергопредприятиях сразу и повсеместно. Поэтому необходимы решения для обмена дискретными сигналами между ПС с традиционной архитектурой и ЦПС. В НИОКР в типовых решениях предусмотрено, что данный обмен можно обеспечить с помощью шкафов УПАСК с дискретными входами и выходами на традиционных ПС и GOOSE интерфейсами на ЦПС, что и показано на рис. 3.

Устанавливаемые на традиционных ПС и ЦПС УПАСК должны быть совместимы на канальном уровне, т.е. использовать одни и те же кодированные ВЧ сигналы при работе по ВЧ трактам или одни и те же кодированные цифровые сообщения при работе по ЦСС или выделенным ОВ.

ОБМЕН ДИСКРЕТНЫМИ СИГНАЛАМИ НА ПС С ОДНОВРЕМЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИЕЙ ТРАДИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ И КОНЦЕПЦИИ ЦПС

Возможна ситуация, когда при реконструкции объекта часть систем будет реализована по технологии ЦПС на базе МЭК 61850 с обменом GOOSE сообщениями по ЛВС, а часть обмениваться дискретными сигналами по традиционным дискретным входам и выходам (например, система РЗ использовать обмен GOOSE сообщениями, а система ПА реализована с использованием традиционных решений). В данном случае возможны два подхода:

- реализовывать шкафы РЗА, в которых есть как GOOSE интерфейсы, так и дискретные входы и выходы;
- использовать шкафы преобразователей дискретных сигналов, которые осуществляют преобразование «GOOSE сообщение – дискретный выход» и «дискретный вход – GOOSE сообщение», и устанавливаются между ЛВС объекта и традиционными устройствами РЗА.

Если использовать шкафы РЗА с одновременной реализацией GOOSE интерфейсов и дискретных входов и выходов, то при дальнейшей реконструкции объ-

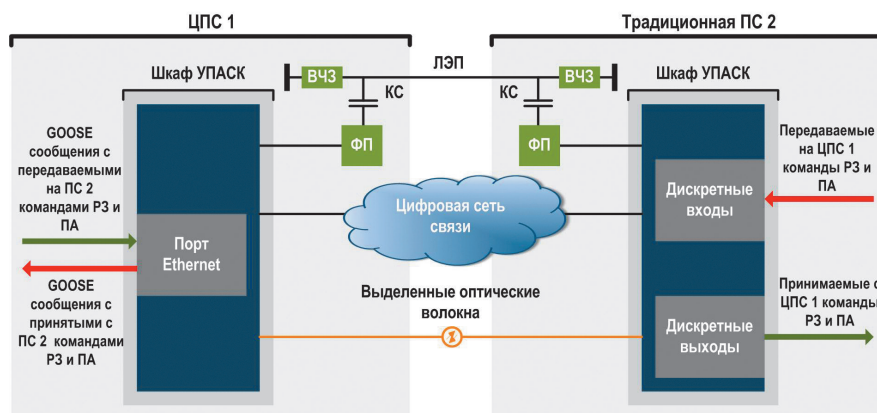


Рис. 3. Передача команд РЗ и ПА между ЦПС согласно МЭК 61850 и традиционными ПС

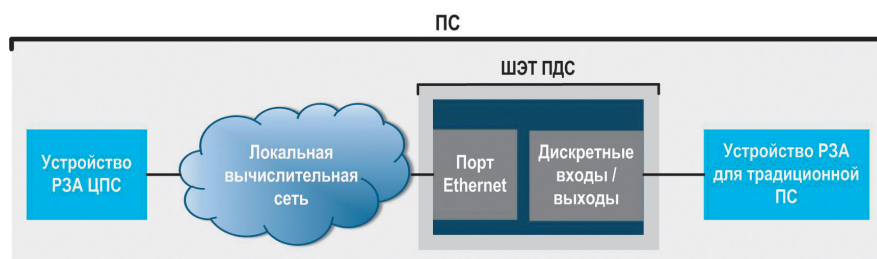


Рис. 4. ШЭТ ПДС для обмена дискретными сигналами на ПС с реализацией традиционных решений и концепции ЦПС согласно МЭК 61850

екта при переходе к технологиям ЦПС в уже установленных и эксплуатируемых шкафах придется также производить реконструкцию (удалять механические ключи, заменяя их на виртуальные и т.д.), т.е. делать в них новый монтаж и заново производить их наладку. Данный подход приведет к значительным затратам.

В НИОКР предложен подход с использованием шкафов электротехнических типовых преобразователей дискретных сигналов (ШЭТ ПДС), устанавливаемых между ЛВС объекта и устройствами РЗА для традиционной ПС (рис. 4). Данное решение позволяет при последующей замене традиционных устройств РЗА на новые с поддержкой обмена GOOSE сообщениями просто демонтировать ШЭТ ПДС не внося каких-либо изменений в уже установленные шкафы с устройствами РЗА для ЦПС. Демонтируемые ШЭТ ПДС могут быть в дальнейшем использованы на других объектах.

В НИОКР предусмотрены три варианта исполнения ШЭТ ПДС:

- для УПАСК;
- для терминалов РЗА;
- для вспомогательных систем.

Данное разделение связано со спецификой устройств различного назначения и разным числом дискретных входов и выхо-

дов в них. Например, ШЭТ ПДС для УПАСК, обеспечивающего передачу и прием 32-х команд РЗ и ПА, имеет 32 дискретных входа и 128 дискретных выходов, а ШЭТ ПДС для одного терминала РЗА – 128 дискретных входов и 32 дискретных выходов.

ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ РЗА, ОБМЕНЯЮЩИХСЯ GOOSE СООБЩЕНИЯМИ

При переходе к новым технологиям возникают вопросы об эксплуатации и техническом обслуживании имеющего свою специфику нового оборудования.

Очевидно, что при эксплуатации и техническом обслуживании устройств РЗА необходимо знать их состояние, т.е. введено оно, или выведено.

В ГОСТ [10] определено состояние устройств РЗА следующим образом:

- «Устройство РЗА считается:
- введенным в работу, если все входные и выходные цепи, в том числе контакты выходных реле этого устройства, с помощью переключающих устройств подключены к цепям управления включающих или отключающих электромагнитов управления коммутационных аппаратов и/или взаимодействия с другими устройствами РЗА;

■ оперативно выведенным, если все выходные цепи отключены переключающими устройствами;

■ выведенным для технического обслуживания, если все входные и выходные цепи, необходимые по условиям производства работ, отключены с помощью переключающих устройств или отсоединены на клеммах».

Данный подход не применим к устройствам РЗА, формирующим GOOSE сообщения, т.к. виртуальными ключами, не зависимо от того как, дистанционно или локально, можно ввести и вывести только функцию устройства, но не само устройство, т.к. GOOSE интерфейс устройства не отключается физически от ЛВС. Если устройство «зависнет», то его гарантированный вывод возможен только снятием питания или отключением соединительных кабелей от ЛВС. А «зависшее» устройство представляет собой потенциальную опасность из-за возможности формирования им ложного управляющего воздействия или создания штормовой нагрузки в ЛВС. Для ввода и вывода устройств или шкафов РЗА на необслуживаемых ПС может быть реализована функция удаленного снятия и подачи оперативного тока на щите электропитания.

Крайне важно, что при отсутствии напряжения питания на устройстве РЗА нельзя изменить и определить положение виртуальных ключей, т.е. понять введена или выведена какая-либо его функция: оба светодиода «Работа» и «Вывод» не светятся, а в АСУ ТП может быть неактуальная информация, т.к. изменение положения виртуального ключа может иметь место перед пропаданием питания во время цикла опроса.

Очевидно, что вопросы оперативного ввода и вывода как функций устройств РЗА, так и самих устройств РЗА на ЦПС, их ввода и вывода на техническое обслуживание решаемы, но должны быть регламентированы в нормативно-технических документах (НТД).

В НИОКР предусмотрено, что устройства РЗА на ЦПС могут быть переведены в режим «Тест». Согласно МЭК 61850 в данном режиме устройство РЗА выдает GOOSE сообщения, у которых установлен флаг «test». Данный флаг не позволяет принимающим их устройствам РЗА, которые не переведены в режим «Тест», осуществлять воздействия на технологический процесс.

При этом существует потенциальная опасность использования режима «Тест»:

если устройство РЗА находится в данном режиме и принимает управляющие воздействия в GOOSE сообщениях с флагом «test», то оно выдает управляющие воздействия, т.е. воздействует на технологический процесс. Несанкционированное включение данного режима может привести к технологическим нарушениям. Следовательно, необходимы НТД, четко и однозначно регламентирующие использование режима «Тест» при наладке и тестировании оборудования на ЦПС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В итоге следует отметить следующее:

■ реализация ЦПС на базе стандарта МЭК 61850 имеет основное преимущество перед альтернативными вариантами исполнения – обеспечение потенциальной функциональной совместимости устройств различных производителей, что очень важно при переходе на цифровой обмен аналоговыми и дискретными сигналами на ПС;

■ результаты НИОКР ПАО «ФСК ЕЭС» по типизации решений могут быть использованы при разработке российского национального профиля МЭК 61850, без которого внедрение обмена дискретными сигналами с использованием GOOSE сообщений в электроэнергетике России несет много потенциальных рисков (различия в корпоративных профилях могут привести к непредсказуемым последствиям);

■ необходимы НТД, определяющие правила технической эксплуатации и технического обслуживания устройств РЗА на ЦПС (ввод и вывод как функций устройств, так и самих устройств, использование режима «Тест» при передаче GOOSE сообщений и т.д.);

■ требуется подготовка персонала проектных организаций и энергопредприятий для работы с новыми технологиями;

■ без реализации большого числа пилотных проектов (а не одного-двух) с использованием на ПС обмена GOOSE сообщениями не представляется возможным увидеть все его преимущества и выявить все его недостатки и, следовательно, сделать достаточно обоснованный вывод о технической и экономической эффективности широкого внедрения данного решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. IEC 61850-8-1. Communication networks and systems for power utility automation – Part 8-1: Specific communication service mapping

(SCSM) – Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3.

2. Коробельников А.И. Вариант технологии цифровой подстанции 35 кВ на симбиозе протоколов FlexRay (детерминированный) и МЭК 61850.9.2 // РЕЛАВЭКСПО-2017. IV международная научно-практическая конференция «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем России». Сборник тезисов докладов. Чебоксары. 18–20 апреля 2017. С. 23.

3. Хайкин М.С. Опыт проектирования, наладки и эксплуатации подстанции 110 кВ «Приречная» // Цифровая подстанция. 2015. № 4. С. 42–44.

4. V. Levshin, M. Shurdov. Recommendations for using of synchronous communications protocols for analog and digital data transfer as an alternative to IEC 61850-9-2 LE (SV) and IEC 61850-8-1 (GOOSE) protocols in digital substations // CIGRE. Study Committee D2. 2017 Colloquium. September 20th to 22nd 2017. Moscow, Russia.

5. IEC 62439-3 ed2.0: 2012, Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless Redundancy (HSR).

6. D. Dolezilek, C. Gordon, D. Anderson, S. McCreery, W. Edwards. Simplifying Teleprotection Communications With New Packet Transport Technology // 5-я Международная научно-техническая конференция «Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем». Доклад С.1.1-5. Сочи. 1–5 июня. 2015.

7. IEC/TR 61850-90-1: 2010. Communication networks and systems for power utility automation – Part 90-1: Use of IEC 61850 for the communication between substations.

8. Харламов В.А., Романов С.Е. Перспективы использования ВЧ каналов в системах РЗА // Релейщик. 2015. № 2. С. 32–36.

9. Приложение №1 к протоколу Правления ОАО «Россети» от 22.06.2015 № 356пр. Концепция развития релейной защиты и автоматики электросетевого комплекса // Релейщик. 2015. № 3. С. 28–43.

10. ГОСТ Р 55438-2013. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. релейная защита и автоматика. взаимодействие субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии при создании (модернизации) и эксплуатации. Общие требования.

ПРИМЕНЕНИЕ СЕМЕЙСТВА ОБОРУДОВАНИЯ ПКУ

ВАШИ ПРЕИМУЩЕСТВА



Разработанное и производимое ООО «Юнител Инжиниринг» в России семейство оборудования ПКУ позволяет реализовывать как передачу команд РЗ и ПА по ЦСПИ и выделенным волокнам в ВОК, так и цифровые каналы для ДЗЛ по ЦСПИ. Применение технических решений с его использованием в российской электроэнергетике позволило:

- Разграничить зоны ответственности и обслуживания служб РЗА и СДТУ;
- Типизировать технические решения;
- Уменьшить число мультиплексоров в ЦСПИ при организации каналов для РЗА;
- Исключить доступ к системам РЗА из ЦСПИ, что упрощает обеспечение их информационной безопасности;
- Обеспечить контроль каналов для РЗА по ЦСПИ «сухими» контактами и/или по принятым в РЗА протоколам в АСУ ТП и/или системах центральной сигнализации объектов;
- Исключить необходимость использования в ЦСПИ мультиплексоров доступа одного производителя при построении каналов РЗА;
- Обеспечить сохранение информации о состоянии каналов для РЗА по ЦСПИ в энергонезависимых журналах событий без возможности редактирования;
- Упростить анализ срабатывания систем РЗА с учетом состояния их цифровых каналов при использовании формата COMTRADE.

Многочисленные успешно реализованные проекты подтверждают надежность оборудования семейства ПКУ.

Сегодня ООО «Юнител Инжиниринг» предлагает расширение функциональности семейства оборудования ПКУ, которое позволяет унифицировать и типизировать решения для передачи команд РЗ и ПА по ВЧ и цифровым (ЦСПИ и выделенные оптические волокна в ВОК) каналам. **ПКУС ВЧ Блок** совместно с хорошо зарекомендовавшими себя в эксплуатации цифровыми УПАСК ПКУС СР24 и ПКУС СР24 Модуль СКО позволяет организовывать передачу команд по ВЧ каналам. ПКУС ВЧ Блок прост в наладке и эксплуатации, обладает небольшими габаритными размерами и позволяет передавать по ВЧ каналу до 32 команд РЗ и ПА.