

Авторы:

к.т.н. Харламов В.А.,
Хасанов А.Х.,

ООО «Юнител Инжиниринг»,
г. Москва

ПЕРЕДАЧА КОМАНД РЗ И ПА В РАМКАХ КОРПОРАТИВНОГО ПРОФИЛЯ МЭК 61850

Аннотация: в статье рассмотрен корпоративный профиль МЭК 61850 ПАО «ФСК ЕЭС» с точки зрения передачи команд РЗ и ПА для различных архитектур построения подстанций. Проанализированы два возможных варианта передачи GOOSE сообщений между подстанциями. Приведены типовые структурно-функциональные схемы шкафов устройств передачи аварийных сигналов и команд как для подстанций с традиционной архитектурой, так и для цифровых подстанций, и описана их функциональность.

Ключевые слова: цифровая подстанция, МЭК 61850, GOOSE, устройство передачи аварийных сигналов и команд, каналы связи.



Харламов
Василий Анатольевич

Дата рождения: 22.04.1972 г.
Заместитель технического директора
ООО «Юнител Инжиниринг»
В 1995 г. окончил Московский энергетический институт (Технический университет), кафедра Радиотехнических систем. В 2000 г. защитил в Московском энергетическом институте (Техническом университете) кандидатскую диссертацию «Методы увеличения скорости передачи информации в синхронных тональных каналах связи в распределительных электрических сетях среднего и низкого напряжения».

Введение

В системах релейной защиты (РЗ) для увеличения их быстродействия и обеспечения селективности их работы между концами защищаемых линий электропередачи (ЛЭП) передаются команды РЗ. В системах противоаварийной автоматики (ПА) команды ПА передаются в пределах всех энергосистемы для обеспечения устойчивости ее работы. В российских энергопредприятиях команды РЗ и ПА передаются по высокочастотным (ВЧ) каналам по ЛЭП, цифровым сетям связи (ЦСС) и выделенным оптическим волокнам (ОВ) с помощью устройств передачи аварийных сигналов и команд (УПАСК). Для обмена дискретными сигналами, в том числе командами РЗ и ПА, на цифровых подстанциях (ЦПС), реализованных на базе серии стандартов МЭК 61850, используются GOOSE сообщения согласно [1], передаваемые по внутриобъектовой локальной вычислительной сети (ЛВС) между обеспечивающими технологический процесс устройствами. В результате выполнения НИОКР «Разработка электронного каталога типовых проектных решений для проектирования и конфигурирования оборудования системы защиты, управления подстанцией (ПС), включая решения по Цифровым ПС с применением наилучших доступных технологий» (далее НИОКР) был сформирован корпоративный профиль МЭК 61850 ПАО «ФСК ЕЭС» [2].

Отдельное внимание в НИОКР уделено формированию требований к шкафу электротехническим типовым (ШЭТ) УПАСК.

Архитектуры построения подстанций

В НИОКР определены три типа архитектур построения ПС:

- архитектура I типа (традиционная ПС), в которой обмен всей информацией между устройствами РЗА осуществляется дискретными и аналоговыми электрическими сигналами, передаваемыми по контрольным кабелям, а обмен информацией с автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУ ТП) осуществляется по протоколу MMS согласно [1];
- архитектура II типа (ЦПС), в которой измерения тока и напряжения передаются в виде электрических аналоговых сигналов по контрольным кабелям, взаимодействие между устройствами РЗА выполняется при помощи GOOSE сообщений, а обмен информацией с АСУ ТП осуществляется по протоколу MMS;
- архитектура III типа (ЦПС), в которой информация от измерительных устройств тока и напряжения передается с использованием протокола передачи мгновенных значений SV согласно [2], взаимодействие между устройствами РЗА выполняется

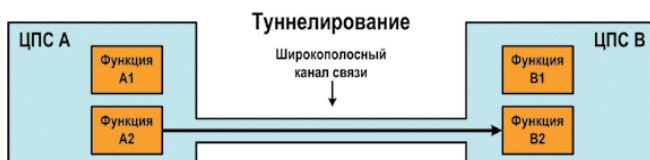


Рис. 1. Туннелирование для передачи GOOSE сообщений между ЦПС



Рис. 2. Использование УПАСК для передачи GOOSE сообщений между ЦПС

ный персонал ПС или оперативно-выездной бригады должен иметь возможность изменить режим работы устройства с применением местного управления, т.е. вводить и выводить команды РЗ и ПА ключами, что особенно важно для команд ПА, которые часто проходят через ПС транзитом);

- сложности 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;
- передача команд РЗ и ПА возможна только между ЦПС (совершенно очевидно, что ЦПС не будут внедрены в энергопредприятиях сразу и повсеместно, и поэтому необходимы решения для передачи команд РЗ и ПА между ПС с архитектурой I-го типа и ЦПС с архитектурами II-го и III-го типов).

Второй вариант, показанный на рис. 2, – шлюз/прокси, который предполагает использование УПАСК для обмена GOOSE сообщениями между объектами. В данном варианте УПАСК на передающей стороне преобразует дискретные сигналы из GOOSE сообщений в кодированные аналоговые или цифровые сигналы, которые предназначены для надежной и безопасной передачи и приема команд РЗ и ПА по каналу (шлюз). На приемной стороне УПАСК из принятых по каналу кодированных сигналов формирует в прокси GOOSE сообщения.

Использование УПАСК обладает следующими преимуществами перед туннелированием:

- возможна передача команд РЗ и ПА не только между ЦПС, но и между ЦПС и традиционными ПС;
- допустимо использование узкополосных каналов связи (в том числе ВЧ каналов по ЛЭП);
- возможность реализации в ШЭТ УПАСК индикации передачи и приема команд РЗ и ПА и ввода/вывода функции их приема виртуальными ключами как всех вместе, так и по отдельности;
- ЛВС на объектах физически изолированы друг от друга, что упрощает обеспечение их информационной безопасности.

В силу указанных выше причин в типовых решениях ПАО «ФСК ЕЭС» использование туннелирование для обмена GOOSE сообщениями между объектами не предусмотрено. В НИОКР приведены только типовые решения с использованием ШЭТ УПАСК, работающих по ВЧ трактам (ШЭТ УПАСК ВЧ), ЦСС (ШЭТ УПАСК ЦС) и выделенным ОВ (ШЭТ УПАСК ОВ). Передача команд РЗ и ПА между ЦПС показана на рис. 3.

Передача команд РЗ и ПА между ЦПС и традиционными ПС обеспечивается установкой ШЭТ УПАСК с портами Ethernet для приема и публикации GOOSE сообщений и ШЭТ УПАСК с дискретными входами и выходами, что показано на рис. 4. Очевидно, что данные ШЭТ УПАСК должны быть совместимы на канальном уровне, т.е. использовать в ВЧ каналах одни и те же кодированные ВЧ сигналы, а при

работе по ЦСС или выделенным ОВ – одни и те же кодированные цифровые сигналы и протоколы взаимодействия.

Функциональность и исполнение ШЭТ УПАСК

В НИОКР для архитектур ПС I-го, II-го и III-го типов определены варианты исполнения ШЭТ УПАСК, приведенные в табл. 1.

Таблица 1. Варианты исполнения ШЭТ УПАСК

Вариант исполнения ШЭТ УПАСК	Число команд РЗ и ПА	
	I-я архитектура ПС	II-я и III-я архитектуры ПС
ШЭТ передатчика УПАСК ВЧ	8, 16, 32	8, 16, 32
ШЭТ приемника УПАСК ВЧ		
ШЭТ приемопередатчика УПАСК ВЧ		
ШЭТ передатчика УПАСК ОВ		8, 16, 32, 48, 64
ШЭТ приемника УПАСК ОВ		
ШЭТ приемопередатчика УПАСК ОВ		
ШЭТ приемопередатчика УПАСК ЦС		

ШЭТ УПАСК для архитектур ПС I-го и II-го типов – шкафы двухстороннего обслуживания, а для архитектуры III-го типа – одностороннего. Число команд в ШЭТ УПАСК для архитектуры ПС I-го типа ограничено 32 из-за сложности размещения большого числа клемм (для каждой принимаемой команды предусмотрено 4 дискретных выхода). В ШЭТ УПАСК для архитектур II-го и III-го типов данное ограничение отсутствует, т.к. обмен командами РЗ и ПА производится по портам Ethernet. В ШЭТ УПАСК ВЧ для архитектур II-го и III-го типов число команд ограничено 32-мя из-за сложности реализации передачи большого числа команд с требуемыми временем передачи, вероятностью пропуска и вероятностью приема ложных команд.

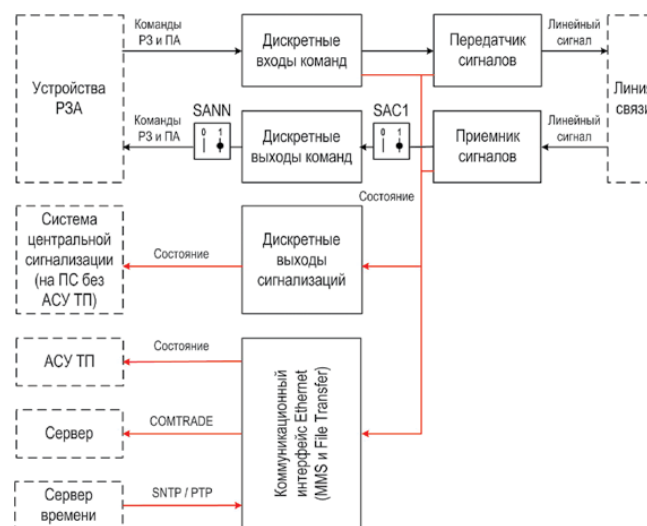


Рис. 5. Структурно-функциональная схема ШЭТ приемопередатчика УПАСК для традиционных ПС

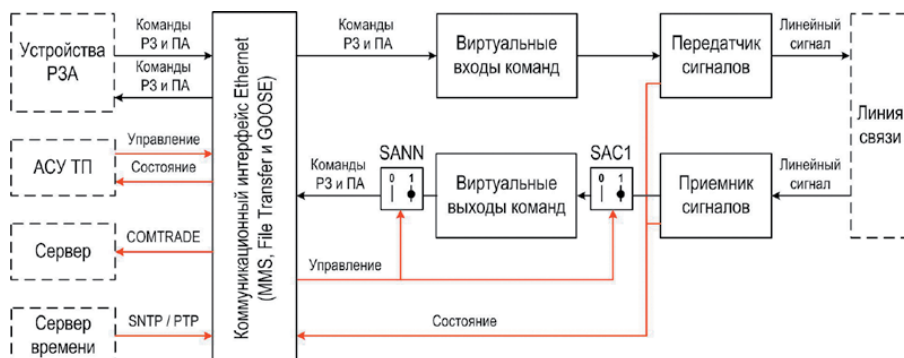


Рис. 6. Структурно-функциональная схема ШЭТ приемопередатчика УПАК для ЦПС

Структурно-функциональная схема ШЭТ приемопередатчика УПАК для архитектуры ПС I-го типа приведена на рис. 5, а структурно-функциональная схема ШЭТ приемопередатчика УПАК для архитектур ПС II-го и III-го типов – на рис. 6. В структурно-функциональных схемах ШЭТ передатчика УПАК отсутствуют узлы, связанные с приемом команд РЗ и ПА, а в ШЭТ приемника УПАК – с передачей.

Основное отличие между ШЭТ УПАК для традиционных ПС и ШЭТ УПАК для ЦПС состоит в том, что для обмена командами РЗ и ПА в ШЭТ УПАК для традиционных ПС используются дискретные входы и выходы, а ШЭТ УПАК для ЦПС – коммуникационный интерфейс Ethernet.

В ШЭТ УПАК для традиционных ПС для логической блокировки (вывода функции) выдачи всех принимаемых команд на дискретные выходы используется механический ключ SAC1. Для вывода ШЭТ УПАК из работы согласно [7] используются механические ключи индивидуально-го ввода/вывода принимаемых команд SANN (NN – номер команды), которые физически отключают на всех 4-х дискретных выходах команды один из их полюсов от клемм ШЭТ УПАК. Управление ключами SAC1 и SANN в ШЭТ УПАК для архитектуры ПС I-го типа из автоматизированного рабочего места (АРМ) персонала АСУ ТП, из диспетчерского центра (ДЦ) и центра управления сетями (ЦУС) не предусмотрено.

В ШЭТ УПАК для ЦПС вместо механических используются виртуальные ключи. Виртуальный ключ – программный ключ, положение которого «Введено» и «Выведено» сохраняется в энергонезависимой памяти, с возможностью местного, дистанционного и удаленного управления. Местное управление положением виртуального ключа осуществляется нажатием на функциональную клавишу (кнопку). Дистанционное управление осуществляется из АРМ персонала АСУ ТП, а удаленное – из ДЦ и ЦУС. Индикация положения виртуального ключа осуществляется на двух светодиодах «Введено» и «Выведено». В ШЭТ УПАК для ЦПС для логической блокировки публикации в GOOSE сообщениях всех принимаемых команд используется виртуальный ключ SAC1. Для логической блокировки

публикации отдельных принимаемых команд в GOOSE сообщениях используются виртуальные ключи индивидуального ввода/вывода принимаемых команд SANN (NN – номер команды). В ШЭТ УПАК для архитектур ПС II-го и III-го типов предусматривается управление ключами SAC1 и SANN из АСУ ТП, ДЦ и ЦУС.

В ШЭТ УПАК для всех архитектур ПС положение ключей SAC1 и SANN фиксируется в журнале событий, передается в АСУ ТП, ДЦ и ЦУС, а также выдается в составе осцил-

лограмм формата COMTRADE [8].

Для подключения к локальной вычислительной сети (ЛВС) шины станции в ШЭТ УПАК предусмотрен коммуникационный интерфейс, включающий в себя два оптических порта Ethernet A и B с поддержкой протокола PRP [9]. Отказ от использования протокола HSR [9] обусловлен низкой надежностью кольцевых топологий, для которых он предназначен (двойной отказ в «кольце» прервет обмен данными, что крайне чувствительно для обмена GOOSE сообщениями с командами РЗ и ПА). Отказ от использования электрических портов Ethernet в коммуникационном интерфейсе ШЭТ УПАК позволяет избежать искажения данных при информационном обмене по ЛВС из-за электромагнитных помех.

По коммуникационному интерфейсу ШЭТ УПАК производится:

- синхронизация времени часов ШЭТ УПАК от сервера времени ПС по протоколу PTP [10] или протоколу SNNP [11] (все архитектуры ПС);
- передача информационных сигналов в АСУ ТП по протоколу MMS (все архитектуры ПС);
- прием управляющих сигналов из АСУ ТП по протоколу MMS (все архитектуры ПС);
- выдача информационных сигналов при срабатывании ШЭТ УПАК на передачу или прием в файлах формата COMTRADE с помощью сервиса File Transfer [1] (все архитектуры ПС);
- прием и передача GOOSE сообщений (архитектуры ПС II-го и III-го типов).

В корпоративном профиле МЭК 61850 с точки зрения передачи команд РЗ и ПА:

- описан типизированный обмен GOOSE сообщениями (сформирован перечень сигналов и логических узлов с обозначениями по МЭК 61850 взамен обезличенных GGIO как для систем РЗ, так и систем ПА), что приведено для некоторых из команд в табл. 2;
- сформирован перечень типовых информационных сигналов ШЭТ УПАК с обозначениями согласно МЭК 61850, выдаваемый в АСУ ТП и в файлах COMTRADE, что

приведено для некоторых из информационных сигналов в табл. 3 («**name**» в обозначении по МЭК 61850 выбирается из столбца «**DO name по МЭК 61850**» табл. 2, а «**имя**» в наименовании в осциллограмме COMTRADE – из столбца «**Обозначение**» той же таблицы);

- сформирован типовой перечень управляющих сигналов ШЭТ УПАКК от АСУ ТП с обозначениями согласно МЭК 61850, что приведено для некоторых из управляющих сигналов в табл. 4 («**name**» в обозначении по МЭК 61850 выбирается из столбца «**DO name по МЭК 61850**» табл. 2).

Таблица 2. Перечень команд РЗ и некоторых из команд ПА

Обозначение	DO name по МЭК 61850	CDC	Полное наименование	Т	М/О/С
Команды РЗ					
ТО	InTr	SPS	Телеотключение	Т	О
ТУ ОТФ	TPhIntr	SPS	Телеускорение отключения трех фаз	Т	О
ТУ пуска ОАПВ	SrecAcc	SPS	Телеускорение пуска ОАПВ	Т	О
ТУ ДЗ	DisAcc	SPS	Телеускорение дистанционной защиты	Т	О
ТУ ТНЗНП	NeuOCAcc	SPS	Телеускорение токовой направленной защиты нулевой последовательности	Т	О
Ускорение ОАПВ	AREA1	SPS	Ускорение ОАПВ	Т	О
Команды ПА					
ФОЛ	LinOpOpn	SPS	Фиксация отключения линии	Т	О
ФВЛ	LinOpCls	SPS	Фиксация включения линии	Т	О
ФОДЛ	DLinOpOpn	SPS	Фиксация отключения двух линий	Т	О

Таблица 3. Перечень некоторых из информационных сигналов, выдаваемых в АСУ ТП и формате COMTRADE

Наименование сигнала	Статус сигнала	Обозначение по МЭК 61850	Группа сигнала	Тип сигнала	Наименование в осциллограмме COMTRADE
Срабатывание передатчика	Срабатывание / Возврат	LSTX1.TxOp	ТС (SP)	ПС1	ПРД. срабатывание
Вход команды 1	Срабатывание / Возврат	TXRTPC1.name	ТС (SP)	ПС1	Вход1.имя. срабатывание
Передача команды 1	Срабатывание / Возврат	LSTX1.CmdTx1	ТС (SP)	ПС1	ПРД1.имя. срабатывание
Срабатывание приемника	Срабатывание / Возврат	LSRX1.RxOp	ТС (SP)	ПС1	ПРМ. срабатывание
Прием команды 1	Срабатывание / Возврат	LSRX1.CmdRx1	ТС (SP)	ПС1	ПРМ1.имя. срабатывание
Выход команды 1	Срабатывание / Возврат	RXRTPC1.name	ТС (SP)	ПС1	Выход1.имя. срабатывание
Ключ SAC1	Введено / Выведено	LSRX1.Beh	ТС (SP)	ПС1	ВводПРМ. введено
Ключ SA1	Введено / Выведено	RXRTPC1.name.Beh	ТС (SP)	ПС1	Выход1.имя. введено
Неисправность канала	Срабатывание / Возврат	LCCH1.ChLiv	ТС (SP)	ПС1	НеиспрКан. срабатывание

Таблица 4. Перечень некоторых из управляющих сигналов ШЭТ УПАКК из АСУ ТП

Наименование сигнала	Обозначение по МЭК 61850	Тип сигнала
Сброс сигнализации	LLN0.LEDRs	ТУ(SP)
Управление ключом SAC1	LSRX1.Mod	ТУ(SP)
Управление ключом SA1	RXRTPC1.name.Mod	ТУ(SP)

Данная типизация обмена GOOSE сообщениями и информационного обмена ШЭТ УПАКК с АСУ ТП в корпоративном профиле МЭК 61850 позволяет упростить их проектирование, наладку и эксплуатацию.

Выводы

Корпоративный профиль МЭК 61850 ПАО «ФСК ЕЭС» может быть использован при разработке национального профиля, без которого внедрение передачи команд РЗ и ПА с использованием GOOSE сообщений в электроэнергетике России несет много потенциальных рисков. Различия в корпоративных профилях могут привести к непредсказуемым последствиям. В любом случае отсутствие единого национального профиля МЭК 61850 усложнит проектирование, наладку и эксплуатацию как УПАКК для ЦПС с передачей GOOSE сообщений, так и УПАКК для традиционных ПС с информационным обменом с АСУ ТП по протоколу MMS и выдачей осциллограмм в формате COMTRADE.

Литература

- IEC 61850-8-1: 2011 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.
- Корпоративный профиль МЭК 61850 ПАО «ФСК ЕЭС». Приложение 6 к приказу от 17.05.2018 № 170 «О внесении изменений в приказ ОАО «ФСК ЕЭС» от 01.09.2014 №373».
- IEC 61850-9-2: 2011, Communication networks and systems for power utility automation – Part 9-2: Specific communication service mapping (SCSM) – Sampled values over ISO/IEC 8802-3.
- 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.
- Харламов В.А., Романов С.Е. Перспективы использования ВЧ каналов в системах РЗА // Релейщик. 2015. №2. С. 32-36
- Концепция развития релейной защиты и автоматики электросетевого комплекса. Приложение №1 к протоколу Правления ПАО «Россети» от 22.06.2015 № 356пр.
- 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.
- IEEE/IEC C37.111-2013 IEEE/IEC Measuring relays and protection equipment Part 24: Common format for transient data exchange (COMTRADE) for power systems.
- IEC 62439-3 ed3.0: 2016. Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless Redundancy (HSR).
- IEEE 61850-9-3-2016 – IEC/IEEE International Standard - Communication networks and systems for power utility automation – Part 9-3: Precision time protocol profile for power utility automation.
- RFC 4330, Simple Network Time Protocol (SNTP). 