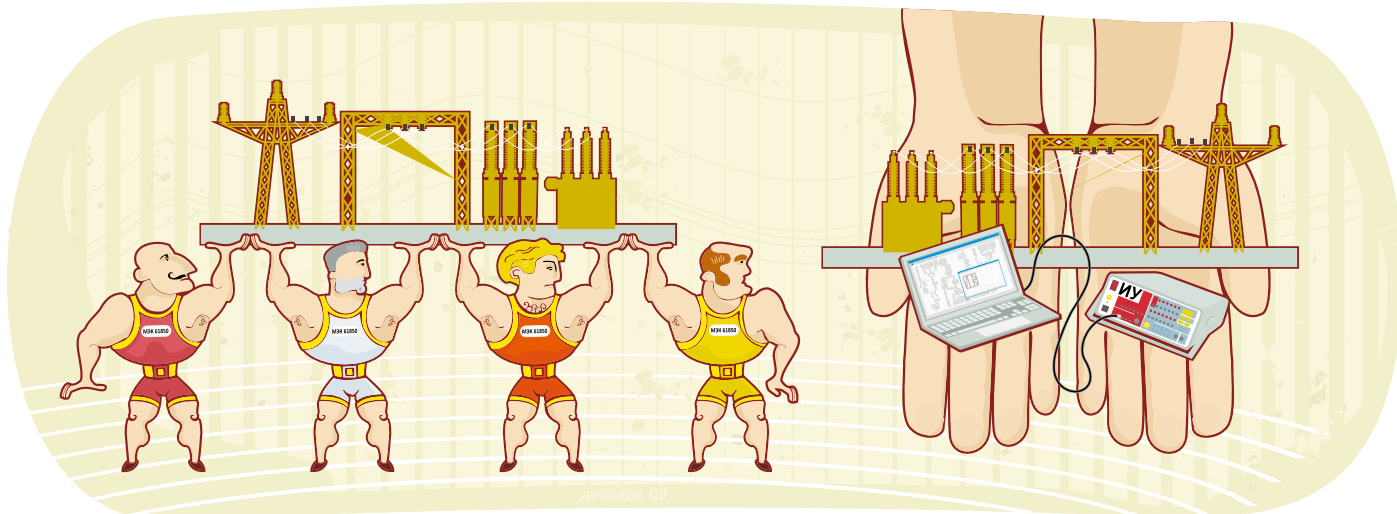


МЭК 61850: влияние на тестирование систем защиты

В данной статье вы найдете ответы на следующие вопросы:

- Каким образом сетевые коммуникации, став частью систем защиты и автоматики, повлияли на процедуры их тестирования?
- Какие новые возможности дает применение стандарта, и какие новые требования они диктуют?



Автор
Шоссиг Т.

МЭК 61850 [1] – стандарт для систем связи внутри подстанций – является гибким и уверенно смотрящим в будущее стандартом для систем автоматизации. Стандарт получил широкое распространение по всему миру и используется на объектах различного уровня напряжения. МЭК 61850 значительным образом влияет на структуру систем вторичной коммутации. При этом возникает ряд вопросов. Как выполнять тестирование системы автоматизации подстанции, основу которой составляют сетевые коммуникации? Необходимо ли инженеру службы релейной защиты обладать глубокими знаниями в сфере сетевых коммуникаций? Какие задачи будут стоять перед инженером в будущем, когда все цифровые устройства различных производителей будут способны взаимодействовать между собой и будут способны самостоятельно описывать свою функциональную «начинку»? С вводом стандарта МЭК 61850 был представлен ряд сервисов и способов обмена данными. Представленные технологии могут

быть использованы при использовании традиционной схемы обмена данными «клиент-сервер». Так, к примеру, GOOSE-сообщения позволяют осуществлять быстросействующую передачу данных от одного устройства другому и могут быть использованы для передачи команд блокировки и отключения. В данной статье обозначаются требования стандарта к временам передачи данных в системах защиты и управления, так как то определяет стандарт. Описываются способы измерения параметров функционирования и отмечается влияние стандарта на процесс тестирования схем защиты и управления на основе полученного практического опыта. Статья описывает стратегию выполнения операций тестирования и анализа получаемых данных. Некоторые из аспектов процесса тестирования уже учтены стандартом, а некоторые из них еще только находятся в рассмотрении. В дополнение к GOOSE-сообщениям МЭК 61850-9-2 описывает передачу мгновенных значений электрических величин, что необходимо для передачи информации об

аналоговых величинах по сети подстанции. Статья отражает влияние новых возможностей на работу и тестирование систем автоматизации подстанции.

Положения о тестировании, содержащиеся в стандарте

Глава 10 стандарта МЭК 61850 [2] описывает процессы тестирования устройств отдельных производителей на соответствие стандарту для присвоения им статуса «с поддержкой стандарта МЭК 61850». Определяются методы и примеры схем тестирования на соответствия требованиям, а также параметры, которые требуется измерять в ходе испытаний. Описанные методы гарантируют соответствие устройств стандарту, однако не могут быть использованы на объекте при вводе в эксплуатацию и при обслуживании систем. Правильным образом выполненные испытания согласно описанным методам подтверждают соответствие устройств требованиям стандарта и возможность работы данных устройств с устройствами других производителей на объекте. Однако тестирование устройств защиты на предмет поддержки стандарта МЭК 61850 не является темой настоящей публикации. Далее будем подразумевать, что все устройства по умолчанию поддерживают стандарт МЭК 61850 и совместимы между собой.

Стандарт также затрагивает и вопросы тестирования систем, которые позволяют определить, соответствуют ли те или иные параметры их функционирования требуемым. В главе 5 стандарта [3] обозначены все требования для всех устройств обмена данными, устанавливаемых на подстанции, а также определяются требования к производительности таких систем. Стандарт определяет «полное время передачи сообщений» как сумму времен работы процессоров обмена данными устройств, участвующих в обмене данными, и времени передачи сообщения по сети, включающем в себя время ожидания и временные задержки в сетевом оборудовании. Испытания, проводимые с целью подтверждения соответствия фактических параметров функционирования систем на базе МЭК 61850 требуемым, должны проводиться в ходе приемо-сдаточных испытаний и будут описаны в разделе «Тестирование систем на соответствие требованиям стандарта».

МЭК 61850-7-3 [4] описывает дополнительный качественный идентификатор, который может быть использован для того,

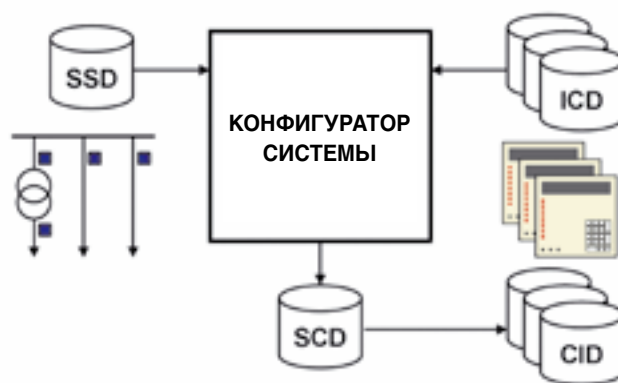


Рис. 1. Концепция инжиниринга

чтобы классифицировать какое-либо значение как значение, используемое для целей тестирования, которое не должно быть обработано в системе как действительное. По этой причине каждый логический узел (LN) имеет в своем составе элемент данных под названием «Behavior» (Поведение), который описывает состояние логического узла – «On» (Введен), «Off» (Выведен), «Blocked» (Заблокирован), «Test» (Для целей тестирования) или «Test and Blocked» (Для целей тестирования и заблокирован). Логический идентификатор также будет введен и для GOOSE-сообщений [5]. Во

Инструмент спецификации системы определяет однолинейную схему сети и требуемые логические узлы в файле формата SSD (System Specification Description – описание спецификации системы). Информация о тех функциях и возможностях, которые предоставляют используемые на объекте интеллектуальные электронные устройства (ИЭУ) (IED), необходима для конфигулятора системы – инструмента, который определяет конфигурацию схемы обмена данными на подстанции. Описание набора функций интеллектуального электронного устройства представляется в файлах формата

Испытания, проводимые с целью подтверждения соответствия фактических параметров функционирования систем на базе МЭК 61850 требуемым, должны проводиться в ходе приемо-сдаточных испытаний

втором издании стандарта будет представлена информация о том, как описывать режим тестирования и сигнализировать о нем при передаче GOOSE-сообщений и мгновенных значений электрических величин (Sampled Values).

Влияние стандарта на процесс инжиниринга

Стандарт МЭК 61850 определяет не только набор сервисов и протоколов обмена данными, но также и единую концепцию процесса инжиниринга, который теперь не зависит от того, на базе устройств какого производителя выполняется проект. Концепция определяет использование информации стандартизированного формата (предусматривается наличие языка конфигурирования подстанции – SCL [6]), как показано на рис. 1.

ICD (IED Capability Description – описание набора функций устройства). Выходным результатом конфигурации системы является файл формата SCD (Substation Configuration Description – описание конфигурации подстанции). Данный файл предоставляет информацию в отношении всех ИЭУ (IED) подстанции. Настройка самих устройств может осуществляться при использовании файлов формата CID (Configured IED Description – описание настроек устройства). Необходимо отметить, однако, что файл формата SCD является основой для настройки испытательного оборудования и для выполнения испытаний на объекте.

Модель данных и сервисы

Одной из новых концепций стандарта МЭК 61850 является то, что он разделяет вопросы о том, передачу какой информа-

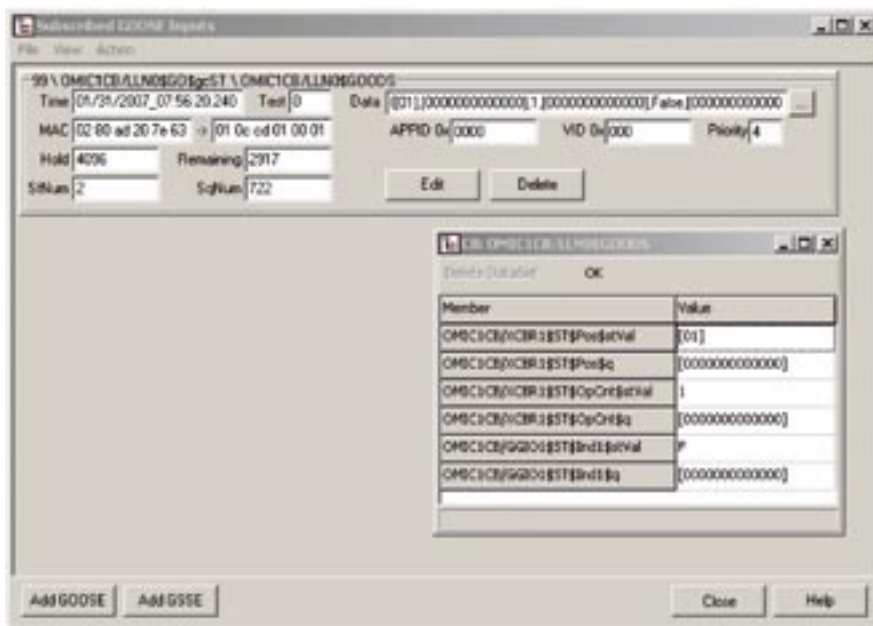


Рис. 2. Параметры GOOSE-сообщений и набор данных в их составе

ции требуется осуществлять, и о том, каким образом надо это делать. Модель данных подстанции определяет всю необходимую информацию для процесса обмена данными. Данная модель состоит из логических устройств и логических узлов [7]. Сами логические узлы содержат классы данных и атрибуты данных (к примеру, существует логический узел PTRC, который информирует о выдаче цифровым устройством команды отключения). Следующим этапом после моделирования является определение сервисов. Возможные сервисы (такие, как получить, установить, сигнализировать, формировать управляющее воздействие и т.д.) определены в главе 7-2 стандарта [8] в абстрактной форме (ACSI). Специфическое назначение сервисов (SCSM – Specific Communication Service Mapping) позволяет осуществлять назначение сервисов существующей технологии обмена данными, как это определено в главе 8-1 [5].

Необходимо выполнение проверки правильности применения этих сервисов, что будет описано далее в статье.

GOOSE-сообщения

Стандарт МЭК 61850 предполагает два вида обмена данными в реальном времени. Для быстройдействующей передачи информации о событиях, происходящих на объекте, была представлена технология передачи сообщений GSE (Generic Substation Event). Стандарт МЭК 61850-8-1 [5] описывает два вида сообщений GSE – «старые» сообще-

ния GSSE (Generic Substation State Event – общее событие подстанции, “UCA-GOOSE” – этот тип сообщений был описан рабочей группой UCA) и новые сообщения GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event – общее объектно-ориентированное событие подстанции). Каждое GOOSE-сообщение содержит определенный набор данных. Этот набор данных состоит из данных, которые содержатся в логических узлах. Передача GOOSE-сообщений осуществляется не только лишь после изменения какого-либо контролируемого состояния: передача сообщений выполняется на постоянной основе через определенные интервалы времени и является многоадресной (рис. 2).

В настоящее время GOOSE-сообщения широко используются для реализации:

- Оперативных блокировок,
- Передачи блокирующих сигналов (например, при реализации схемы логической защиты шин).

Для передачи команд отключения от устройств защиты GOOSE-сообщения использовались только в ряде испытаний. Практический опыт использования GOOSE-сообщений для передачи команд блокировки при реализации защитных функций описан в [9].

Передача мгновенных значений согласно стандарту

В качестве второго вида обмена данными в реальном времени стандарт МЭК 61850 определяет передачу мгновенных

значений электрических величин (например, мгновенных значений тока и напряжения). Измеренные значения хранятся в двух логических узлах логической группы измерительных трансформаторов – TCTR и TVTR. Эти данные носят название *sampled values* (мгновенные значения) и определяются в 9-й главе стандарта. МЭК 61850-9-2 [10] описывает передачу данных значений как многоадресную по сети Ethernet. Стоит отметить, что стандарт не ставит перед собой задачи определения методов выполнения измерений или технологий измерений, стандарт лишь описывает информацию, передача которой осуществляется от устройства под названием *merging unit* (полевое устройство, модуль объединения). Для упрощения реализации схем защиты с передачей мгновенных значений всем устройствам, которые этого требуют, рабочей группой UCA были разработаны руководящие указания “9-2LE” [11]. В данных руководящих указаниях приводится описание специального профиля МЭК 61850-9-2 с фиксированным набором данных и фиксированной частотой дискретизации. Сейчас на рынке уже существуют цифровые устройства защиты и управления, а также испытательное оборудование, использующие профиль “9-2LE”. Для тестирования систем автоматизации подстанции согласно 61850-9-2 испытательная установка должна быть способна осуществлять запись мгновенных значений, передача которых осуществляется от ИЭУ (IED), и возможностью их передачи от установки для целей тестирования.

Клиент / сервер (SCADA)

Интеллектуальные электронные устройства, установленные на подстанции, работают в качестве серверов, поскольку осуществляют передачу данных различным клиентам (например, на человеко-машинный интерфейс). В прошлом обмен такого рода данными по сети никогда не осуществлялся с другими устройствами уровня присоединения и, соответственно, эти данные не могли быть использованы для выполнения операций тестирования. С началом использования МЭК 61850 все данные оказываются стандартизованными. Клиент, осуществляющий тестирование (это, к примеру, может быть специальная программа, установленная на человеко-машинном интерфейсе), обладает полным доступом к модели данных и может, к примеру, визуализировать все данные выбранного атрибута данных (рис. 3).

Сетевые коммуникации

С началом использования стандарта МЭК 61850 сети стали неотъемлемой частью систем автоматизации подстанции в целом. Архитектура, пропускная способность, работа в случаях появления неисправностей – оценка этих аспектов должна производиться при вводе систем в работу. Испытания, которые должны быть проведены, включают в себя:

- Испытания с изменением уровня информационной нагрузки по сети (трафика) при изменении значений тэгов VLAN согласно [12],
- Испытания по быстрой реконфигурации (RSTP) согласно [13],
- Испытания на доступность всех ИЭУ (IED).

Тестирование систем на соответствие требованиям стандарта

Глава 5 стандарта определяет различные классы производительности для целей защиты, управления и измерения. Классы производительности для целей защиты (P) включают в себя следующие классы:

- Класс P1 для присоединений распределительных сетей,
- Класс P2 для присоединений сетей высокого напряжения,
- Класс P3 для присоединений сетей высокого напряжения, где к характеристикам работы защит предъявляются повышенные требования.

Стандартом определяется допустимое полное время передачи сообщений (рис. 4). Для различных сообщений требуемые времена оказываются различными:

- Сообщение типа 1A (отключение): 10 мс (для класса P3) или 3 мс (для классов P2/3)
- Сообщение типа 1B (другие сообщения, требующие быстрой передачи): 100 мс (для класса P1) или 20 мс (для класса P2/3)
- Сообщения типа 2 (для сообщений, требующих среднюю скорость передачи данных): < 100 мс
- Сообщения типа 3 (для сообщений, допускающих медленную скорость передачи данных): < 500 мс

Стандартом определяются и другие типы сообщений (типы 4...7), о которых в данной статье не упоминается.

Если стандарт предъявляет определенные требования к передаче GOOSE-сообщений, следовательно, на этапе ввода систем в эксплуатацию и во время обслуживания таких систем должны производиться испытания на соответствия этим требованиям. Если

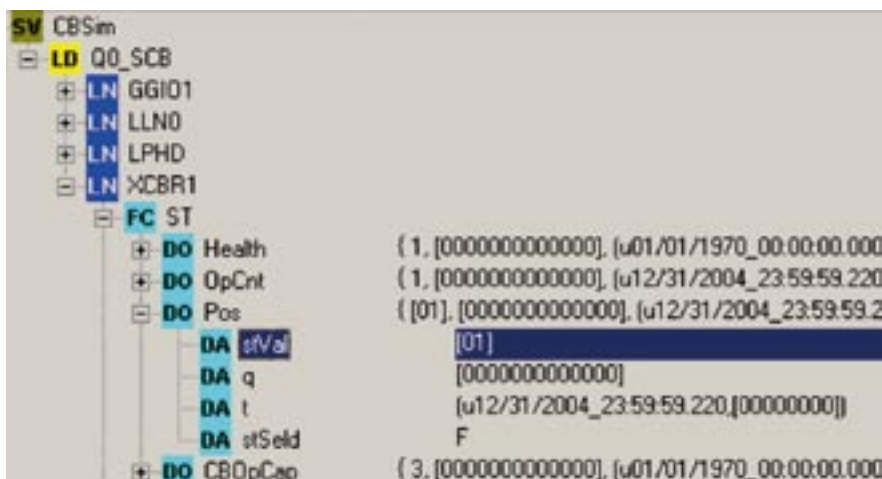


Рис. 3. Модель данных, визуализированная в программном обеспечении клиента

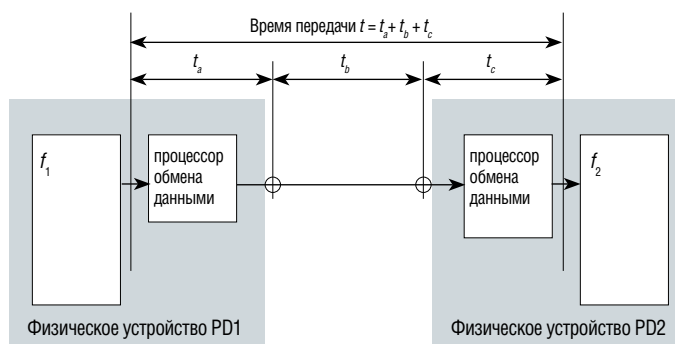


Рис. 4. Полное время передачи сообщений [3]

GOOSE-сообщения используются для реализации функций защиты или функций, связанных с ними (к примеру, передача сигналов отключения или блокирующих сигналов при реализации логической защиты шин), то должно быть измерено время между наступлением того или иного события и реакцией соответствующего интеллектуального электронного устройства на это сообщение (например, передача сигнала отключения GOOSE-сообщением). Применение испытательного оборудования, которое предоставляет пользователю осуществлять назначение подписанного GOOSE-сообщения

на дискретный вход испытательной установки и назначение отправляемого GOOSE-сообщения на дискретный выход установки позволяет использовать готовые шаблоны испытаний. Для настройки испытательной установки рекомендуется использование файлов формата SCD.

Примеры измеренных времен передачи GOOSE-сообщений представлены в таблице 1.

В дальнейших статьях мы более подробно остановимся на вопросах обеспечения требуемых времен передачи GOOSE-сообщений.

Интеллектуальное электронное устройство	Измеренное время
Работающая система, ввод поддержки стандарта МЭК 61850	(23...40) мс
Работающая система, оптимизированная схема с поддержкой стандарта МЭК 61850	13 мс
Система, изначально разработанная с поддержкой стандарта МЭК 61850	< 3мс
Система, изначально разработанная с поддержкой стандарта МЭК 61850, оптимизированная схема	(0,2...0,8) мс

Таблица 1. Измеренные времена передачи GOOSE-сообщений в системе автоматизации подстанции

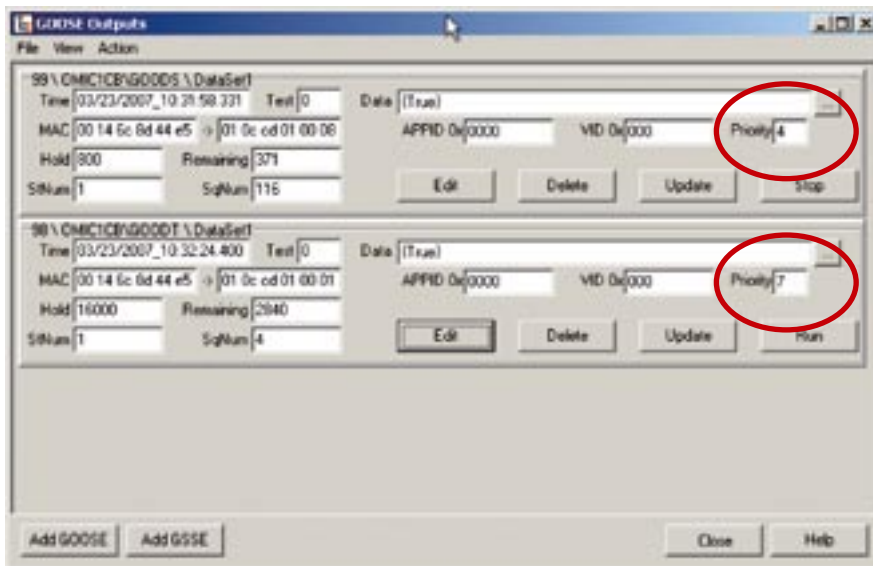
ПРАКТИКА 

Рис. 5. Передача GOOSE-сообщений с различными приоритетами

Как уже упоминалось выше, современные Ethernet коммутаторы поддерживают возможность присваивания различных приоритетов сигналам реального времени при использовании тэгов VLAN согласно [12]. Для того чтобы удостовериться в обеспечении требуемых времен передачи, необходимо выполнение испытаний с различными приоритетами передачи GOOSE-сообщений (рис. 5).

чем это было в прошлом, однако базовыми знаниями сетевых коммуникаций все-таки требуется обладать. Сам стандарт поддерживает пользователя в различных аспектах. Способность устройств различных производителей взаимодействовать между собой (не взаимозаменяемость устройств (!)) является реальностью, однако требуется знание модели данных конкретного устройства защиты и поддер-

Современные инструменты позволяют производить более простой анализ сетей, чем это было в прошлом, однако базовыми знаниями сетевых коммуникаций все-таки требуется обладать

Обучение персонала

Стандарт МЭК 61850 является объемным стандартом с множеством терминов и аббревиатур. Когда сеть становится неотъемлемой частью системы автоматизации подстанции или системы защиты, необходимо знание технологий передачи данных и вопросов сетевых коммуникаций. Не требуется подробным образом знать LAN-технологии для того, чтобы работать со стандартом МЭК 61850. Современные инструменты позволяют производить более простой анализ сетей,

живаемых стандартом сервисов. Лишь путем практических экспериментов возможно полное понимание ключевых моментов работы систем на базе стандарта.

Выводы

Стандарт МЭК 61850 значительным образом изменяет схемы тестирования систем. Новые возможности, такие, как быстросействующая передача GOOSE-сообщений и мгновенных значений (sampled values), требуют наличия новых инструментов тестирования и нового обо-

рудования. Сеть становится частью системы автоматизации подстанции. 

Список литературы

1. IEC 61850-1:2003 Communication Networks and Systems in Substations; Introduction and Overview
2. IEC 61850-10:2005 Communication Networks and Systems in Substations; Conformance Testing.
3. IEC 61850-5:2003 Communication Networks and Systems in Substations; Communication requirements for functions and device models
4. IEC 61850-7-3:2003 Communication Networks and Systems in Substations; Basic communication structure for substation and feeder equipment – Common data classes
5. IEC 61850-8-1:2004 Communication Networks and Systems in Substations; Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Mappings to MMS (ISO/IEC 9506 Part 1 and Part 2)
6. IEC 61850-6:2004 Communication Networks and Systems in Substations; Configuration description language for communication in electrical sub-stations related to IEDs
7. IEC 61850-7-4:2003 Communication Networks and Systems in Substations; Basic Communication Structure for Substation and Feeder Equipment- Compatible Logical Nodes Classes Introduction and Overview
8. IEC 61850-7-2:2003 Communication Networks and Systems in Substations in substations; Basic communication structure for substation and feeder equipment –Abstract communication service interface (ACSI)
9. Schossig, T.; Wild, R.: TIWAG Austria/ ASST Pfunds/Hinterrauth Experiences in Testing GOOSEs. Substation Automation and Protection Systems Conference 2006 Amsterdam
10. IEC 61850-9-2:2004 Communication Networks and Systems in Substations; Specific Communication Service Mapping (SCSM)- Sampled Values over ISO/IEC 8803-3
11. UCA: Implementation Guideline For Digital Interface to Instrument Transformers Using IEC 61850-9-2
12. IEEE 802.1q:2003 Virtual Bridged Local Area Networks
13. IEEE 802.1w:1998 Rapid Reconfiguration of Spanning Tree

МАТЕРИАЛЫ ПО ТЕМЕ

В журнале «Энергоэксперт»: Головин А. В. МЭК 61850: Перспективы, проблемы реализации и пути их решения (2008. № 6. С. 56–61).

В журнале «Релейщик»: Каштенни Б., Ходдер С., МакГин Д., Волох И. Архитектура и система технологической шины МЭК 61850 (2008. № 1. С. 34–43); Асанбаев Ю. А., Горелик Т. Г., Кириенко О. В., Кумец И. Е. Информационный обмен с РЗА и ПА – основа интегрированной АСУ ТП подстанции (2008. №1. С. 52–55); Власов М. А., Воронков М. В., Малков Б. Б., Сердцев А. А. Построение системы РЗА и АИИС КУЭ на базе оптических трансформаторов тока и напряжения с цифровым интерфейсом» (2008. №1. С. 64–68).

11-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

ПРИГЛАШАЕМ ВАС
ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В СЛЕДУЮЩИХ РАЗДЕЛАХ ВЫСТАВКИ:

- Энергетика
- Малая энергетика
- Энергетическое машиностроение
- Производство электрической и тепловой энергии
- Передача и распределение электроэнергии
- Приборы учёта и контроля
- Гидроэнергетика
- Безопасность в энергетике
- Преобразование и аккумулирование электроэнергии

ЕКАТЕРИНБУРГ ВЦ ГРОМОВА 145

8-10 апреля
2009

Организатор:

ЕХР



РОССИЙСКИЙ СОЮЗ
ВЫСТАВОК И ЯРМАРОК

Открыт себя миру!

УРАЛЭКСПОЦЕНТР

ЕвроАзиатский выставочный холдинг

тел. (343)379 - 32 - 32

www.uralex.ru

Информационный спонсор:



Информационная поддержка:



ЭнергоStyle