

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ (В СООТВЕТСТВИИ С МЭК 61850)

АВТОРЫ:

Д.А. КРЫЛОВ,
Е.А. МИСИНА,
В.В. ПРОКОПЬЕВ,
ООО НПП «ЭКРА»

Н.В. МАРАКИНА,
ООО «ТЕКВЕЛ»

Современный электронный проект — это ключевая часть общего проекта цифровых подстанций. Основная цель такого проекта заключается в объединении информации и создании единого файла, который можно использовать

на всех этапах проектирования. Подготовка проектной документации для создания и настройки человеко-машинного интерфейса системы SCADA является одним из наиболее трудоемких этапов разработки такого электронного проекта.

Ключевые слова: ЦПС; МЭК 61850-6-2; HAD; HCD; HMI; HCL; ICD; GCD; GCL; SCD; SCL; SSD.



Стандарт МЭК 61850 — основной документ, определяющий правила взаимодействия между собой различного оборудования, расположенного на подстанции

ВВЕДЕНИЕ

Развитие в области цифровых технологий и коммуникаций создало возможность появления подстанции (ПС) с высоким уровнем автоматизации и развитыми информационно-технологическими системами, а именно цифровой подстанции (ЦПС). Согласно СТО «Нормы технологического проектирования ПС...» [1], ЦПС — это автоматизированная ПС, оснащенная взаимодействующими в режиме единого времени цифровыми информационными и управляющими системами и функционирующая без присутствия постоянного дежурного и обслуживающего эксплуатационного персонала.

С внедрением новых технологий модифицируются прежние технологические решения. Так, с появлением ЦПС изменяется подход к проектированию, в частности к оформлению документации. Ключевым аспектом нового проектирования считается создание виртуальной информационной модели энергообъекта, которая является не только средством хранения информации, но и источником информации для дальнейшего использования на разных стадиях проработки проекта.

В соответствии с требованиями СТО «Нормы технологического проектирования ПС...» [1], проектная документация ЦПС разрабатывается согласно стандартам МЭК 61850-4 и МЭК 61850-6. Это означает, что на стадии разработки проекта заказчику должен передаваться файл описания спецификации ПС (SSD) в формате языка описания системы SCL в соответствии со стандартом МЭК 61850-6. Далее на основании файла SSD на стадии подготовки рабочей документации должен быть создан и передан заказчику файл описания конфигурации ПС (SCD) в формате языка описания системы SCL в соответствии со стандартом МЭК 61850-6.

Следует отметить, что указанная выше проектная документация затрагивает не все области текущего процесса проектирования. В частности, в СТО «Нормы технологического проектирования ПС...» [1] не упомянут процесс разработки приложений человеко-машинного интерфейса (HMI), который выступает в качестве инструмента обеспечения взаимодействия между оператором и оборудованием, дает возможность оператору управлять оборудованием, контролируя его функционирование.

В настоящий момент отсутствует утвержденный сценарий разработки HMI, который мог бы структурировать и преобразовывать данные из одной формы в другую, связывая между собой этапы проектирования и конфигурирования HMI различных подсистем ПС.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦПС

Рассмотрим подробнее, как сейчас построен процесс проектирования ЦПС.

В нормативно-технической документации ПАО «Россети» [1–3] предъявляется требование о подготовке файлов SSD и SCD на языке SCL в составе электронной документации на ПС нового поколения.

Файл спецификации ПС SSD используется для формирования представления о том, какое первичное оборудование устанавливается на ней, какие функции и какой функционал первичного и вторичного оборудования будут реализованы. Изначально однолинейная схема в файле SSD строится не просто в графическом виде, а в форме объектного описания системы, где каждый элемент описывается отдельным объектом. Фактически данный файл представляет собой схему информационно-техно-

логической системы (ИТС) в форме объектного описания.

Файл SCD включает в себя описание однолинейной схемы ПС с распределением реализуемых функций по устройствам, информационную модель каждого устройства, описание информационного обмена между устройствами и параметры этого обмена.

Разработанные файлы на языке SCL являются информационной моделью ПС — виртуальным представлением реального физического оборудования, устройств и исполняемых ими функций на ПС. Как было отмечено выше, разрабатываемая информационная модель энергообъекта служит источником информации для последующих этапов реализации, применяемых для расчетов, наладки, мониторинга и контроля правильности работы.

Благодаря наличию файлов на языке SCL процесс конфигурирования всей системы и отдельных интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ) начинается еще на этапе проектирования. Это позволяет начинать анализ и тестирование устройств ЦПС, определять и устранять ошибки в настройках связи между терминалами без наличия физических устройств. Тестирование элементов ЦПС на этапе проектирования помогает выявить ошибки, допущенные при разработке проекта, и избежать возникновения проблем при наладке оборудования на объекте.

При помощи инструмента конфигурации системы и конфигуратора ИЭУ файл SCD используется для загрузки конфигурации в терминал, что позволяет значительно сократить время, необходимое на их наладку непосредственно на ПС.

Описанный выше процесс проектирования применяется для конфи-

ЯЗЫКИ, ТИПЫ ФАЙЛОВ И ИНСТРУМЕНТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ КОНФИГУРИРОВАНИЯ

Исходный файл	Язык конфигурации	Инструмент конфигурирования	Полученный файл
---	GCL — язык описания графической конфигурации на базе языка масштабируемой векторной графики SVG	GCT — инструмент для формирования графической конфигурации	GCD — файл описания графических элементов, динамического поведения графических элементов, содержит ссылки на элементы SCL
HAD — файл описания возможностей HMI, поддерживаемых приложением HMI (размер и разрешение экрана, отображаемые цвета и т.д.)	HCL — язык описания конфигурации человеко-машинного интерфейса	HCT — инструмент для формирования конфигурации HMI	HCD — файл описания конфигурации приложений HMI. Состоит из графических элементов, описания динамического поведения элементов и связи с данными из файла SCD
ICD — файл описания возможностей интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ)	SCL — язык описания конфигурации ПС	SCT — инструмент для формирования конфигурации ПС	SSD — файл описания спецификации ПС; SCD — файл описания конфигурации ПС

Таблица 1

гурирования устройств и описания взаимодействий между устройствами.

Сконфигурированные файлы CID используются при импорте в систему SCADA, что тоже значительно упрощает и ускоряет процесс конфигурирования подсистемы сбора данных MMS-клиентом. Однако следует отметить, что объектное описание однолинейной схемы, содержащееся в секции файлов Substation SSD и SCD, не используется в дальнейшем ни на этапе создания конфигурации системы SCADA в качестве представления экранной формы HMI, ни на этапе наладки при разработке мнемокадров для терминалов HMI. Связано это с тем, что изначально не предусматривалось использование файлов SCL в качестве конфигурационных файлов, описывающих графические элементы для отображения на экранных формах.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ HMI

Согласно нормативно-технической документации «Россети ФСК ЕЭС» [4], перед началом проведения испытаний заказчику должна быть предоставлена техническая документация на АСУ ТП, в состав которой включаются мнемосхемы энергообъекта. Мнемосхема ПС представляет собой совокупность статических и динамически изменяющихся элементов, отображающих схему ПС. Данная схема выступает в качестве HMI, с помощью которой реализуется взаимодействие между оператором и оборудованием, что позволяет оператору осуществлять управление и контроль за работой оборудования на ПС. Отображение информации, выводимое на АРМ, должно соответствовать правилам графического отображения информации [5].

Подготовка проекта экранных форм осуществляется или на этапе фор-

мирования конфигурации системы, когда разработчик системы SCADA вручную формирует требуемые мнемосхемы проекта в специализированном программном продукте и предоставляет разработанные экранные формы в виде экранных снимков проектировщику, или на этапе разработки документации, когда проектировщик включает в документацию мнемокадры, представленные в виде рисунков экранных форм, отрисованных в графическом редакторе. Далее на основе рисунков экранных форм проектной документации разработчики системы SCADA прорисовывают или корректируют экранные формы.

Следует отметить, что разработка экранных форм является трудоемким процессом, что связано как с большим объемом ручной настройки для создания и отображения графических форм, так и с необходимостью привязки элементов мнемосхемы к соответствующим объектам и атрибутам данных.

На практике при подготовке конфигураций энергообъекта формирование описания однолинейной схемы выполняется как минимум в следующих случаях:

- 1) при составлении информационной модели в составе файлов SSD/SCD;
- 2) при разработке мнемокадров для отображения на АРМ системы SCADA;
- 3) при разработке мнемокадров для отображения на лицевой панели терминалов.

При этом в настоящий момент нет единого стандартизованного процесса проектирования HMI. Этот пробел в проектировании предполагается закрыть с помощью положений, описанных в разрабатываемой главе 6–2 стандарта МЭК 61850 [6].

Целью данного стандарта является унификация процесса проектирования приложений человеко-машинного интерфейса. Глава 6–2 определяет, как графические компоненты и их взаимодействие, представленные в HMI, должны быть описаны с использованием языка графической конфигурации (GCL), языка конфигурации HMI (HCL) и языка конфигурации системы (SCL).

В табл. 1 указаны предлагаемые к применению языки, типы файлов, а также инструменты, используемые для их конфигурирования.

Совместное использование трех языков конфигурирования предполагает более полную реализацию процесса проектирования ЦПС.

На рис. 1 показано взаимодействие языков конфигурирования в соответствии с МЭК 61850–6–2.

SCL (System Configuration Language) — язык конфигурации

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЯЗЫКОВ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ПО МЭК 61850-6-2

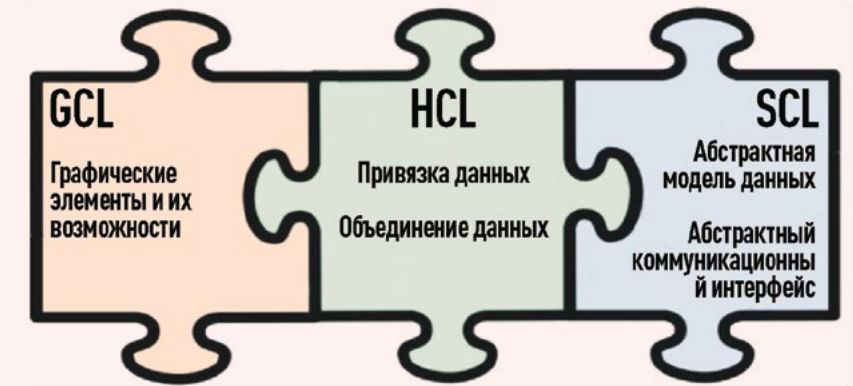


Рис. 1

системы. Описывает абстрактную модель данных и коммуникационные сервисы, необходимые для привязки в языке конфигурации человеко-машинного интерфейса (HCL). Файл SCD следует рассматривать как «исходник», импортируемый в инструмент конфигурирования HMI.

GCL (Graphical Configuration Language) — язык графической конфигурации, описываемой в файле GCD, предназначен для описания графической объектной модели. Язык графической конфигурации (GCL) использует подмножество масштабируемой векторной графики W3C SVG, которая представляет собой язык, позволяющий пользователям описывать графические элементы и их взаимодействие с помощью стандартизованного синтаксиса XML.

Элементы **SVG** (Scalable Vector Graphics) — это элементы, описанные на языке масштабируемой векторной графики. SVG был выбран в качестве языка, на котором базируется GCL, благодаря большому спектру доступных графических

элементов, масштабируемости без потери качества, относительно малого размера файлов и общедоступности.

Экранная форма HMI описывается в GCL следующими объектами:

- объекты Page представляют собой экранную форму, или диалоговое окно, с которой взаимодействует пользователь HMI;
- объекты Element создаются в объекте Page и описывают изменяющееся графическое представление элементов на основе значений текущих данных:
 - объект Parameter определяет набор значений, влияющих на отображение объекта Element. Также в объекте Parameter указывается ожидаемый тип узлов/объектов данных/атрибутов. Фактическая привязка данных выполняется позже, в процессе разработки при помощи инструмента для формирования конфигурации HMI (HCT),

СТРУКТУРА ЯЗЫКА ГРАФИЧЕСКОЙ КОНФИГУРАЦИИ GCL

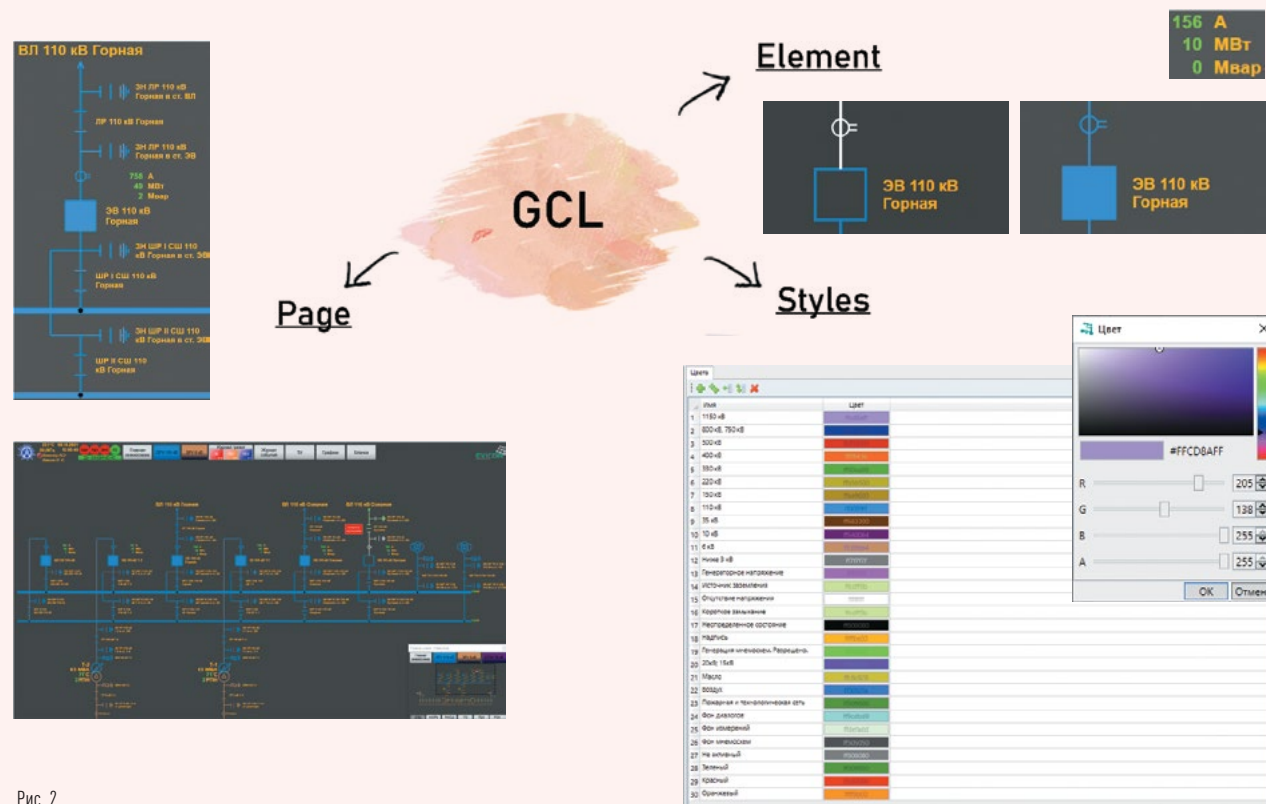


Рис. 2

ИНФОРМАЦИЯ

Стандарт Международной электротехнической комиссии (МЭК) МЭК 61850 — это международный стандарт, который определяет протоколы, обеспечивающие связь между различным оборудованием, расположенным на подстанции, таким как защитное, контрольное и измерительное оборудование, интеллектуальные электронные устройства. Популярность МЭК 61850 обусловлена в первую очередь тем, что он стандартизирует коммуникации и обеспечивает функциональную совместимость оборудования различных производителей, снижает расходы и упрощает процессы настройки и поддержки.

- объект MatchState используется для сопоставления значений объектов данных/атрибутов, привязанных к параметрам, набору predetermined состояний,
- объект MatchString используется для сопоставления значений объектов данных/атрибутов, связанных с набором заранее определенных строковых значений,
- объект FormatString используется для применения predetermined шаблонов аналоговых величин;
- объекты Styles представляют собой набор библиотек, с помощью которых можно сформировать

требуемые для использования палитры цветов, стили линий, шрифты и т.д.

На рис. 2 показана структура языка графической конфигурации GCL с примерами данных, размещаемых в каждом из объектов.

В языке графической конфигурации GCL описываются:

- статические элементы, такие как линии, круги, прямоугольники;
- динамические элементы, например выключатель с predetermined состояниями;
- свойства графических элементов.

Детальное описание каждого графического элемента при помощи представленных выше объектов является иерархическим графическим конфигурационным файлом GCD.

Язык HCL (HMI Configuration Language) — это язык конфигурации человеко-машинного интерфейса. Он определяет элементы, необходимые для привязки графических элементов из GCL, соответствующих объектам из SCL, т.е. язык конфигурации HMI (HCL) является связующим звеном между языком графической конфигурации (GCL) и языком конфигурации системы (SCL); пример представлен на рис. 3.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
HMI В СООТВЕТСТВИИ
С МЭК 61850-6-2

Процесс проектирования HMI, согласно МЭК 61850-6-2, предполагается реализовать как показано на рис. 4.

На начальном этапе проектирования HMI необходимо создать файл HAD, содержащий описание возможностей приложения HMI. Файл HAD импортируется в инструмент конфигурирования HMI (HCT). В файле HAD описываются поддерживаемые сервисы и возможности приложения HMI. Инструмент конфигурирования HMI (HCT) может использовать только эти поддерживаемые возможности для создания описания конфигурации HMI (HCD).

Далее в HCT импортируется файл описания конфигурации системы SCD для привязки графических объектов HMI к объектам и атрибутам данных. Далее данные из секции ПС могут использоваться в инструменте конфигурирования

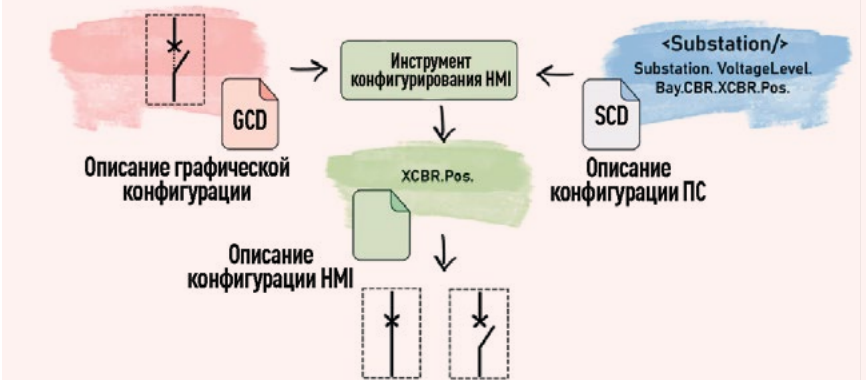
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ ИЗ SCD
ДЛЯ HCD

Рис. 3

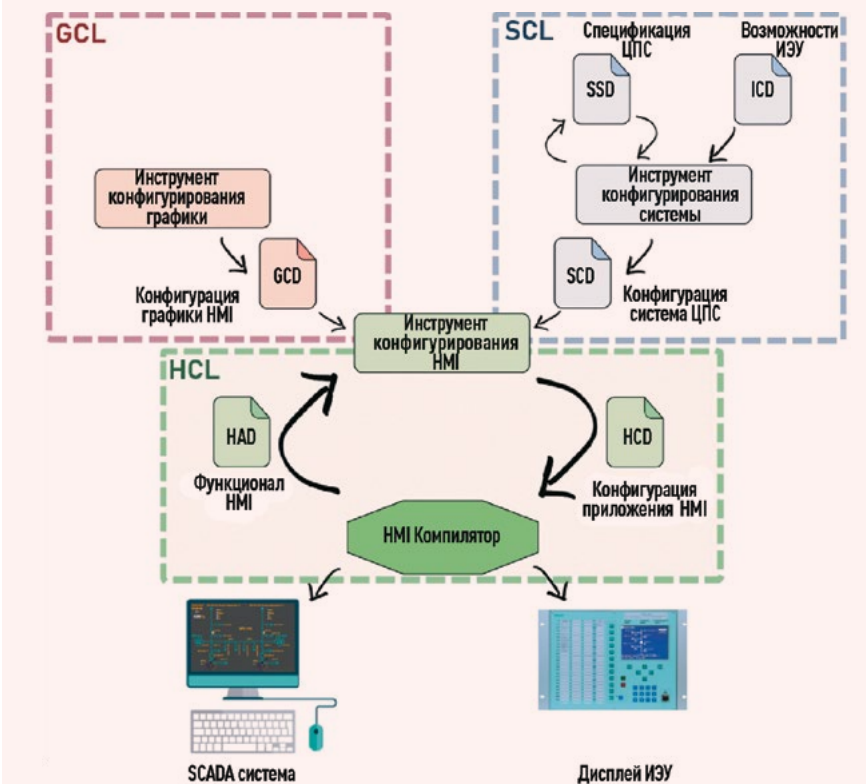
ПРОЕКТИРОВАНИЕ HMI В СООТВЕТСТВИИ
С МЭК 61850-6-2

Рис. 4

ИНФОРМАЦИЯ

Область применения стандарта МЭК 61850 — системы связи внутри подстанции.

Это набор стандартов, в который входят стандарт по одноранговой связи и связи клиент — сервер, стандарт по структуре и конфигурации подстанции, стандарт по методике испытаний, стандарт экологических требований, стандарт проекта.

История создания МЭК-61850 началась в 1980-х гг. в США в Детройте. На заводах, собирающих автомобили, были установлены роботы-сборщики, управление которыми производилось по протоколу MMS (Manufacturing Message Specification).

Использование этого протокола оказалось достаточно успешным и, уже в 1990-х гг. он лег в основу UCA2 (Utility Communication Architecture), который активно применялся в Европе в электроэнергетике. В 2003 г. появилась первая редакция стандарта МЭК-61850.

Этот стандарт задумывался как универсальный документ, который позволит упорядочить разрозненные решения различных производителей устройств релейной защиты и систем передачи данных, применяемых на подстанциях.

Стандарт получился относительно сложным именно из-за своей универсальности. Он не только описывает, как передаются данные, но и закрепляет требования к описанию электрических систем на всех уровнях.

HMI (HST) для автоматического создания макета однолинейной схемы ПС, поскольку секция ПС файла SCD содержит описания элементов первичного оборудования, электрических связей между ними, а также координаты расположения оборудования в пространстве чертежа однолинейной схемы.

Для описания конфигурации HMI в HST требуется импортировать файл библиотеки, содержащий графические объекты из файла GCD для представления первичного оборудования, такого как выключатели, трансформаторы, разъединители и т. д.

На следующем этапе осуществляется привязка объектов и атрибутов модели данных МЭК 61850 к ранее импортированным графическим элементам. Привязка осуществляется с помощью связи ссылок, содержащихся в файле GCD, с логическим узлами, объектами и атрибутами данных, содержащихся в файле SCD. Аналогичным образом могут быть привязаны списки событий и аварийных сигналов, которые могут быть созданы вручную или с помощью инструмента конфигурирования HMI (HST).

После привязки элементов из GCD к данным из файла SCD можно экспортировать конфигурацию HMI — единый файл описания (HCD), который содержит всю информацию, необходимую для отображения HMI. Далее с помощью компилятора HMI файл HCD транслируется в машинночитаемый вид, пригодный для загрузки в терминалы и систему SCADA.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следует отметить, что на данный момент глава 6-2 МЭК 61850-6-2 еще находится на стадии разра-

ботки и нацелена на дополнение процесса цифрового проектирования этапом разработки приложений HMI.

Цель разработки стандарта состоит в автоматизации процесса проектирования, конфигурирования, наладки и эксплуатации приложений HMI благодаря привязке графических объектов к объектам и атрибутам информационной модели данных.

Создаваемые файлы конфигурации HMI должны быть машиночитаемыми, что позволит инструментам автоматически компилировать графические объекты и связанные с ними сигналы для отображения в приложении HMI. В результате стандартизация процесса создания приложений HMI позволит обеспечить гибкость, масштабируемость и адаптируемость.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТО 56947007-29.240.10.248-2017 «Нормы технологического проектирования ПС переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ», ПАО «ФСК ЕЭС».
2. СТО 34.01-21-004-2019 «Цифровой питающий центр. Требования к технологическому проектированию цифровых подстанций напряжением 110-220 кВ и узловых цифровых подстанций напряжением 35 кВ», ПАО «Россети».
3. СТО 56947007-29.240.10.299-2020 «Цифровая подстанция. Методические указания по проектированию ЦПС», ОАО «ФСК ЕЭС».
4. СТО 56947007-25.040.40.012-2008 «Типовая программа комплексных испытаний АСУ ТП при приемке из реконструкции и законченных строительством подстанций ПАО «ФСК ЕЭС», изм. в 2018, ОАО «ФСК ЕЭС».
5. СТО 56947007-25.040.70.101-2011 «Правила оформления нормальных схем электрических соединений подстанций и графического отображения информации посредством ПТК и АСУ ТП», ОАО «ФСК ЕЭС».
6. <https://www.iec.ch/> (Дата обращения 14.10.2021).

Периодичность: 6 раз в год
Тираж: 3050 экземпляров
Учредитель: «Россети ФСК ЕЭС»
Издатель: «НТЦ Россети ФСК ЕЭС»

Редакционная коллегия:

представлена ведущими учеными и специалистами в энергетической области (докторов технических наук — 11, кандидатов технических наук — 9, членов-корреспондентов — 2).

Журнал включен в каталог «Пресса России» и ведет ежегодную подписную кампанию.

Журнал включен в «Российский индекс научного цитирования».

Рубрики журнала:

- Электроэнергетика и электротехника
- Электрические машины и аппараты
- Трансформаторы и электрические реакторы
- Силовая преобразовательная техника
- Провода и кабели
- Электротехническое оборудование
- Электрические системы
- Средства РЗА
- Линии электропередачи и подстанции
- Возобновляемая энергетика

Приглашаем авторов к публикации статей в научно-техническом журнале «Энергия единой сети».
С правилами подачи заявки можно ознакомиться на сайте www.Энергия-единой-сети.РФ.

реклама

Контакты:

editor@энергия-единой-сети.рф
editor@ntc-power.ru

Тел.: + 7 (495) 118-43-65
www.Энергия-единой-сети.РФ

Зарегистрирован: в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 20 сентября 2012 г. Свидетельство о регистрации: № ПИ №ФС77-51276.