

СИНЕРГИЯ СИМ И МЭК 61850. ЦЕЛИ, ОСОБЕННОСТИ, ПЕРСПЕКТИВЫ

А.С. СИЗОВ, Д.А. ЗУБОВ (АО “Искра Технологии”)



В современном мире информационных технологий и промышленности всё больше и больше находят применение цифровые двойники технологических объектов или процессов. В области автоматизации всегда остаётся актуальным стремление к оптимизации интеграции разнородного оборудования и информации в единый информационный комплекс. Использование СИМ модели является относительно новой технологией, и зачастую вызывает недоверие и непонимание. Не говоря уже о сопряжении нескольких больших и самобытных стандартов. СИМ-модель, созданная в соответствии со стандартом, и интегрированная в неё модель МЭК 61850 позволит эффективно управлять сетями и оборудованием за счёт точности и однозначности общей модели энергосистемы.

В рамках нашего исследования мы изучили возможности практического применения сопряжения СИМ модели энергообъекта и модели подстанции МЭК 61850.

Ключевые слова: СИМ модель; МЭК-61850; сопряжение стандартов; практический опыт.

ВВЕДЕНИЕ

Современная промышленность требует применения эффективных информационных технологий, среди которых всегда актуальны решения по информационной интеграции и унификации хранения и представления информации. Актуальные тенденции развития ИТ говорят о росте использования технологий моделирования и создания цифровых двойников технологических объектов и процессов. Задача создания унифицированного информационного пространства в этих условиях становится все более актуальной. В энергетике решение этой задачи предполагается набором стандартов МЭК 61968 и МЭК 61970 – СИМ модели. Общая информационная модель (СИМ) пока еще не получила широкого распространения и применение ее вызывает вопросы, в том числе в части сопряжения с МЭК 61850, закрепленным нормативной базой в качестве базового стандарта информационного обмена в электроэнергетике.

В рамках нашего исследования мы проводим работу, направленную на изучение возможностей практического применения сопряжения СИМ модели энергообъекта и модели подстанции МЭК 61850. Мы изучаем и устанавливаем основные классы и элементы моделей, которые подлежат сопряжению без изменений, без значительных изменений и так называемые проблемные классы, для сопряжения кото-

рых приходится исключать их из модели или проводить определённые манипуляции для их гармоничной интеграции в единую систему. Мы самостоятельно разрабатываем и модернизируем алгоритмы, которые позволят интегрировать цифровые модели в автоматическом режиме, с использованием максимально возможного количества параметров и полей. Наше исследование и дальнейшая разработка позволит существенно ускорить процесс конфигурирования, облегчить ввод в эксплуатацию и упростить дальнейшую эксплуатацию автоматизированных энергосистем. Применение разработанных алгоритмов и следование правилам, которые определяются стандартом повысит надёжность автоматических систем за счёт исключения человеческого фактора. Также, разрабатываемая методика и алгоритмы показывают, что в случае соблюдения определённых правил и принципов возможно реализовать конфигурирование системы как “сверху вниз”, так и “снизу вверх”, причём эти два процесса не мешают и не противоречат друг другу в единой системе автоматизации.

Данное исследование в дальнейшем позволит сократить расходы на ввод в эксплуатацию новых и обслуживание существующих систем. Этого удастся добиться за счёт применения на объектах автоматизации единых стандартизированных методов конфигурирования и параметрирования устройств всех уровней системы. Исследование также показывает

умеренно высокий уровень готовности оборудования и отечественных разработчиков/производителей к переходу на централизованные и современные правила проектирования и конфигурирования систем автоматизации. Разрабатываемые нами алгоритмы и решения подразумевают возможность дальнейшего совместного использования с унифицированными средствами автоматизированного проектирования в рамках единой обобщенной модели данных SCL CIM.

В процессе разработки мы получили практический опыт применения наших алгоритмов. В рамках статьи будет разобран полученный опыт реализации, как положительные его аспекты, так и отрицательные.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Для решения трудоёмкой и сложной задачи сопряжения двух стандартов CIM и IEC 61850 уже существуют решения зарубежных производителей и утверждённые стандарты. Ввиду отсутствия широкого применения сопряжения CIM и МЭК 61850 в России, данная тема слабо изучена и примеров практического применения данного принципа недостаточно. В рамках нашего исследования CIM модель энергообъекта интегрировалась в систему телемеханики нашего производства.

Для начала следует немного углубиться в особенности реализации двух сопрягаемых стандартов.

Создание архитектуры связи нового поколения началось с разработки Архитектуры Связи Предприятия (протокола USA – Utility Communications Architecture) в 1988 году. Результатом данной работы стал ряд “рекомендуемых” протоколов для различных уровней модели системы связи: OSI (Open System Interconnect) – набор протоколов, образующих международный стандарт для соединения разнородных ЭВМ и сетей, сертифицированный Международной организацией по стандартизации (ISO – International Standards Organization). Новая архитектура привела к образованию набора протоколов, моделей данных и определений абстрактных сервисов, известному как протокол USA. Концепции и фундаментальные разработки протокола USA заложили основу для работы в комиссии IEC (МЭК) TC57 в рабочих группах 10, 11 и 12, в результате чего появился Международный стандарт МЭК 61850 – Коммуникационные сети и системы подстанций.

Основная концепция архитектуры, принятая в стандарте МЭК 61850, состоит в абстрагированном определении (описании) элементов данных и обслуживания, т.е. создание элементов/объектов данных и сервисных функций не зависит от протокола нижнего уровня. Абстрактные определения позволяют распределить объекты данных и сервисные функции по любому другому протоколу, если он соответствует требованиям данных и обслуживания.

С точки зрения системы существует значительный объем конфигурирования, необходимый для функционирования всех соединенных вместе частей. Для упрощения этого процесса и исключения компонента человеческой ошибки в Части 6 приводится описание языка конфигурирования подстанции (SCL), основанного на языке XML. Он представляет собой формальное описание отношений между АСУ подстанции и самой подстанцией (распределительным устройством). На прикладном уровне можно описать саму топологическую структуру распределительного устройства и ее отношение к функциям АСУ ПС (логическим узлам), сконфигурированным на микропроцессорных электронных устройствах. Каждое устройство должно предоставить SCL файл, в котором описывается самоконфигурирование подстанции.

Обычные протоколы традиционно определяют, как передаются биты данных по проводам. Однако в таких протоколах не конкретизируется как следует систематизировать данные устройств для их применения. При таком подходе от инженеров-энергетиков требуется вручную сконфигурировать объекты и отобразить их в виде переменных энергосистемы и номеров регистра нижнего уровня, индексов, модулей входов/выходов, и т.д. Стандарт МЭК 61850 уникален. Он не только конкретизирует элементы протокола (описывает, как передаются информационные биты по проводам), но и предоставляет полное описание преобразования данных устройствами энергосистемы в такую форму, которая совместима с устройствами всех типов различных производителей. Стандарт избавляет от необходимости утомительной работы по конфигурированию, не имеющему отношения к энергосистеме, поскольку устройства могут быть самоконфигурируемыми. Например, если вы устанавливаете модуль входа ТТ/ТН в терминал по стандарту МЭК 61850, то терминал сам может обнаружить этот модуль и автоматически, без взаимодействия пользователя

с системой, выделить его как измерительное устройство. Некоторые устройства используют SCL файл для конфигурирования объектов, и инженеру следует только ввести этот файл конфигурирования в устройство. Тогда приложение клиента стандарта МЭК 61850 может извлечь описания объектов с устройства, подключенного к сети. В результате конфигурирование устройства по протоколу МЭК 61850 приводит к значительной экономии усилий и денежных затрат [1].

Далее следует познакомиться с общими особенностями разработки и реализации CIM модели.

Общая информационная модель (CIM) — это открытый стандарт, определяющий, как в ИТ-среде осуществляется управление активами, представленными в виде общего набора объектов, и отношения между ними. CIM позволяет нескольким сторонам обмениваться управленческой информацией об этих управляемых активах и предоставляет средства для активного контроля и управления этими элементами.

Определение CIM-модели состоит из двух частей — спецификации и схемы модели. CIM-спецификация определяет свойства модели для интеграции с другими моделями управления, тогда как CIM-схема описывает саму модель. CIM создана на основе объектно-ориентированного моделирования, базовыми понятиями которого являются:

- экземпляры (instances) — реальные объекты окружающего мира;
- свойства (properties) — атрибуты этих объектов;
- отношения (association) — связь пары объектов;
- классы (classes) — типы реальных объектов;
- подклассы (subclasses) — подтипы объектов;
- схема (schema) — CIM схема — набор классов со свойствами и отношениями, логически взаимосвязанных между собой [2].

CIM-модель и МЭК 61850 — это две важные модели в электроэнергетике, которые обеспечивают стандартизацию и унификацию данных для обмена информацией между различными системами и устройствами. Одна из похожих частей обеих моделей заключается в том, что они содержат описания компонентов системы, таких как трансформаторы, генераторы, линии передачи, подстанции и т.д. Это позволяет различным системам и устройствам работать с одними и теми же стандарти-

зированными данными, что упрощает процесс обмена информацией между ними. Кроме того, обе модели используют стандартизированные и унифицированные форматы данных для обмена информацией между различными системами и устройствами. Еще одна похожая часть обеих моделей заключается в том, что они предоставляют возможность для мониторинга и управления электроэнергетическими системами. Это позволяет операторам системы получать информацию о состоянии системы и принимать решения на основе этой информации.

Однако МЭК 61850 имеет дополнительные особенности, которые не присутствуют в CIM-модели. Например, МЭК 61850 определяет способы управления и контроля электроэнергетическими системами, включая функции удаленного управления и диагностики, а также поддержку систем автоматизации и управления. Это позволяет операторам системы более эффективно управлять системой и быстро реагировать на изменения в ней.

В свою очередь, CIM-модель более сосредоточена на описании компонентов системы и их взаимодействии, а также на стандартизации формата данных для обмена информацией между различными системами. Это позволяет различным системам и устройствам работать вместе без проблем совместимости.

Объединение CIM-модели и МЭК 61850 в электроэнергетике может принести множество преимуществ:

- *Во-первых*, это позволит унифицировать данные и стандартизировать форматы обмена информацией между различными системами и устройствами. Это упростит процесс обмена информацией и уменьшит вероятность ошибок при передаче данных.
- *Во-вторых*, объединение CIM-модели и МЭК 61850 позволит более эффективно мониторить и управлять электроэнергетическими системами. Обе модели предоставляют возможность для мониторинга и управления системой, но объединение их позволит расширить функциональность системы управления и контроля. Это позволит операторам системы быстрее реагировать на изменения в системе и более эффективно управлять ею.
- *В-третьих*, объединение CIM-модели и МЭК 61850 позволит проще и быстрее интегрировать системы автоматизации и управления. МЭК 61850 определяет способы управления и контроля электроэнер-

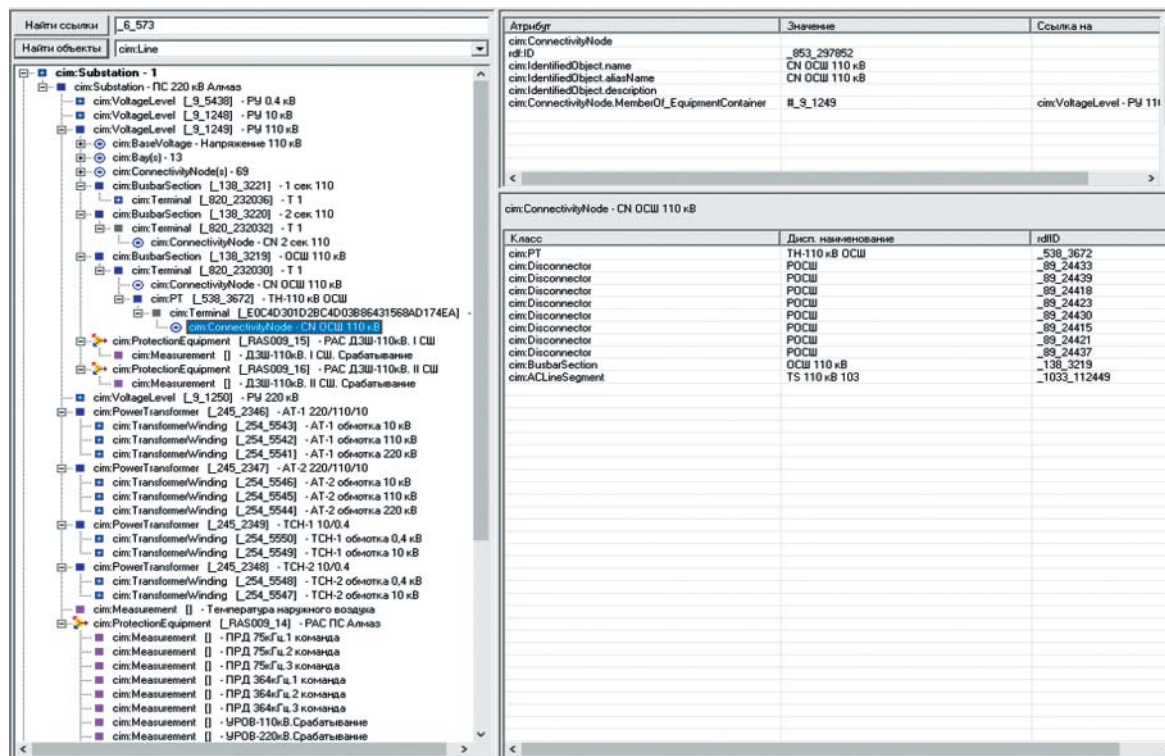


Рис. 1. Пример интерфейса приложения для анализа CIM модели

гетическими системами, включая функции удаленного управления и диагностики, а CIM-модель сосредоточена на описании компонентов системы и их взаимодействия. Синергия моделей позволит повысить эффективность работы электроэнергетических систем.

- **В-четвертых**, объединение CIM-модели и МЭК 61850 позволит рациональнее управлять ресурсами энергосистемы. CIM-модель содержит описание компонентов системы, таких как трансформаторы, генераторы, линии передачи, подстанции и т.д., а МЭК 61850 определяет способы управления и контроля электроэнергетическими системами. Гармонизация моделей позволит более эффективно управлять ресурсами энергосистемы, что позволит сократить затраты на производство и распределение электроэнергии.

Таким образом, синергия CIM-модели и МЭК 61850 в электроэнергетике может принести множество преимуществ, включая унификацию данных, более эффективный мониторинг и управление электроэнергетическими системами, лучшую интеграцию систем автоматизации и управления, а также более эффективное управление ресурсами энергосистемы.

Наше исследование направлено на получение практического опыта применения CIM-модели энергообъекта для автоматического или полуавтоматического конфигурирования модели МЭК 61850 в устройствах среднего и верхнего уровня. Также мы проработали техническую возможность изменения CIM модели при изменении модели МЭК 61850.

Для анализа CIM модели было разработано приложение, которое позволяет разложить RDF файл CIM модели в удобный читаемый вид, осуществить поиск различных объектов и проверить целостность модели. Пример визуальной интерпретации информационной модели приведён на рис. 1.

Сводный анализ моделей данных показал, что для построения модели данных МЭК 61850 возможно использовать большое количество классов и атрибутов из модели CIM в автоматическом режиме. К таким данным можно отнести классы обобщённых объектов энергосистемы (PowerSystemResource), оборудования (Equipment), электропроводящего оборудования (ConductingEquipment), коммутационных аппаратов (Switch), защищающих коммутационных аппаратов (ProtectedSwitch), выключателей (Breaker), разъединителей (Disconnecter), заземляющих ножей (GroundDisconnecter) и т.д.

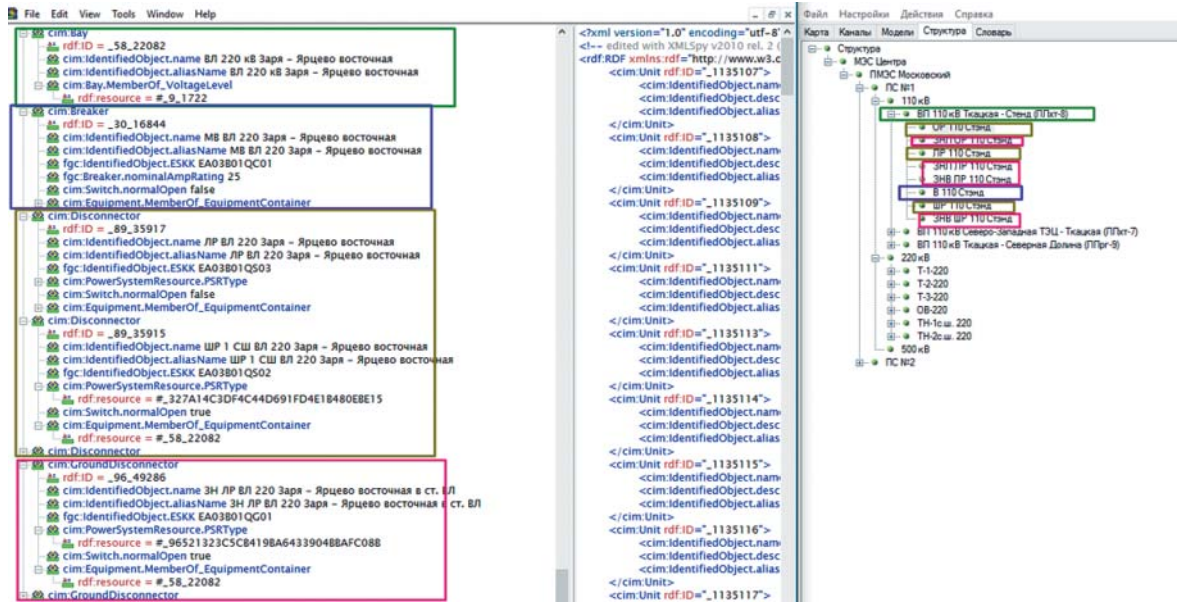


Рис. 2. Пример возможной гармонизации двух моделей энергообъекта

На рис. 2 показан пример возможной гармонизации двух моделей энергообъекта.

Одним из немаловажных факторов внедрения данной концепции является простота программной реализации в части интерпретации и гармонизации двух моделей на уровне конфигурирования и взаимодействия, так как от этого напрямую зависит общая стоимость внедрения концепции, а также её экономическая целесообразность. Для того чтобы сократить сроки и соответственно стоимость доработки программного обеспечения было принято решение идти по пути разработки дополнительного модуля, который будет взаимодействовать с основным телемеханическим ядром системы посредством внутреннего, проприетарного API. В случае необходимости данную надстройку можно выделить в самостоятельный конвертер, который позволит

связывать оборудование и системы, использующие модели CIM и МЭК 61850, а также стандартизированные протоколы передачи данных без вмешательства в программное обеспечение самих устройств. На рис. 3 показана обобщённая схема нашей концепции взаимодействия и гармонизации моделей данных.

При использовании дополнительной надстройки в телемеханическом ядре устройства был применён внутренний проприетарный интерфейс взаимодействия, который после приёма CIM-RDF проекта модели передавал его в систему анализа структуры объекта в соответствии с определёнными нами правилами разбора CIM модели, и распределял полученную информацию по нескольким внутренним стандартным узлам телемеханической системы автоматизации. Данные поступали в общий словарь проекта, формировались коммутаци-

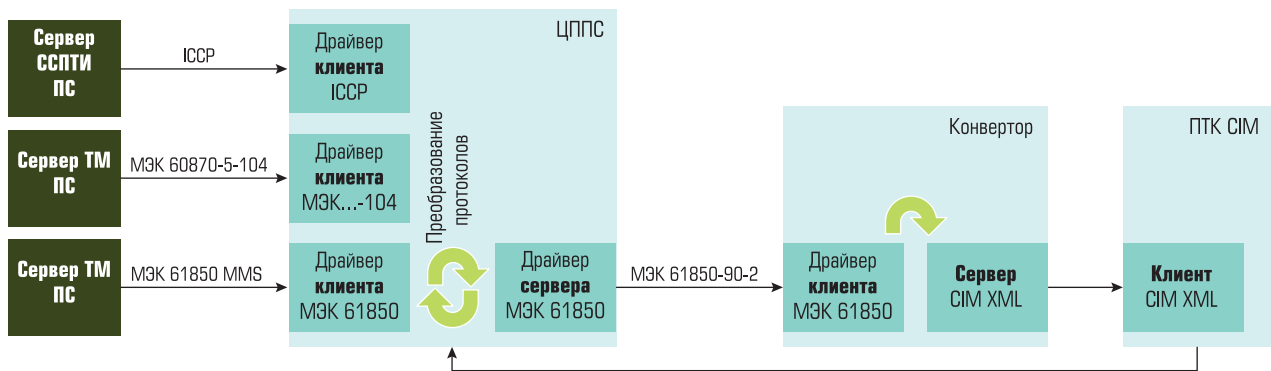


Рис. 3. Обобщённая схема гармонизации моделей данных

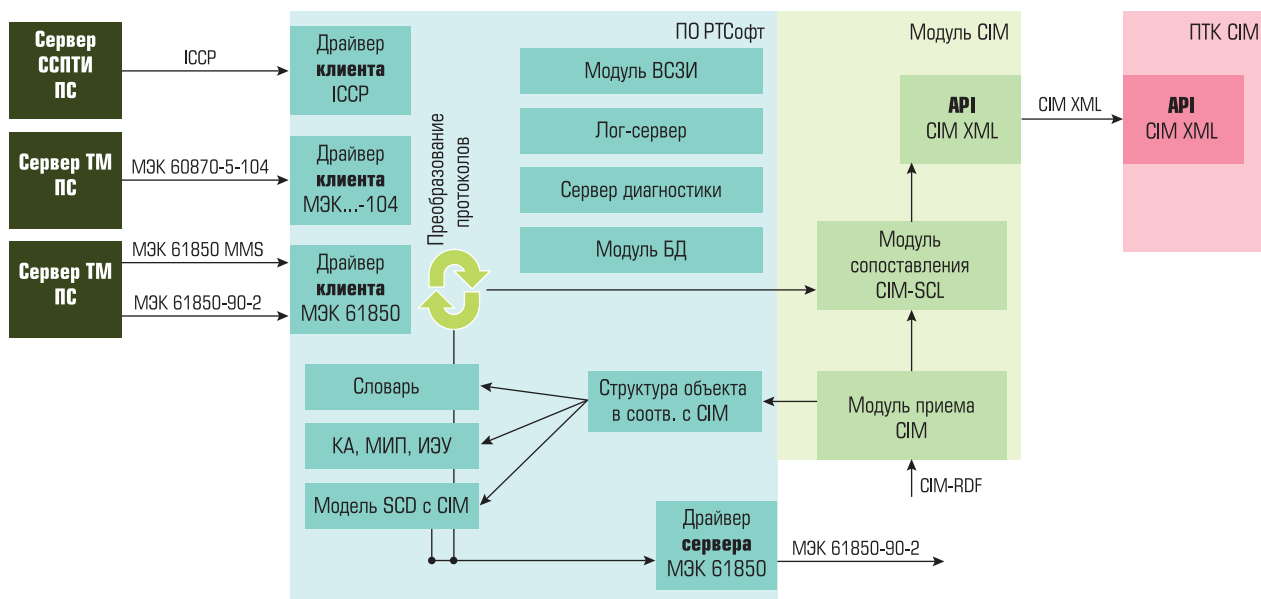


Рис. 4. Схема гармонизации моделей данных на уровне программного обеспечения

онные аппараты, измерительные преобразователи, прочие устройства, данные о которых возможно получить из информационной модели. Также, на основании полученного RDF файла формировалась или обновлялась SCD модель энергообъекта в соответствии с правилами МЭК 61850. После реализации данного механизма, стало понятно, что, используя похожие алгоритмы возможна реализация конфигурирования и в обратную сторону, при изменении внутренней модели данных МЭК 61850 возможно вносить изменения в модель данных CIM. Для этого был разработан модуль сопоставления CIM-SCL который в автоматическом режиме отслеживает изменение модели МЭК 61850 и вносит изменения в имеющуюся CIM модель данных и формирует файл конфигурирования CIM XML, который в перспективе возможно отправлять на устройства уровнем выше для так называемого механизма конфигурирования “снизу-вверх”. На рис. 4 показана схема гармонизации моделей данных на уровне программного обеспечения.

В случае применения данной концепции гармонизации невозможно осуществлять полностью автоматическое взаимное конфигурирование систем, использующих модели CIM и МЭК 61850. Основной причиной является наличие у каждой модели данных своих уникальных атрибутов и элементов, требующих ручного заполнения. Для повышения уровня автоматизации необходимо разработать и принять общие правила взаимодействия двух моде-

лей данных. В случае если данные правила будут разработаны, проверены и введены – возможно значительное повышение надёжности работы и наблюдаемости энергосистемы, за счёт ускорения процесса настройки и ввода в эксплуатацию нового оборудования, а также исключения ошибок при конфигурировании за счёт минимизации влияния человеческого фактора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования и практического применения данной концепции стало понятно, что использование разработанных алгоритмов и следование правилам, которые определяются стандартом повысит надёжность автоматических систем за счёт исключения ошибок, вызванных человеческим фактором. Также, разрабатываемая нами методика и алгоритмы показывают, что в случае соблюдения определённых правил и принципов возможно реализовать конфигурирование системы как “сверху вниз”, так и “снизу вверх”, причём эти два процесса не мешают и не противоречат друг другу в единой системе автоматизации.

Данное исследование в дальнейшем может позволить сократить расходы на ввод в эксплуатацию новых и обслуживание существующих систем. Этого удастся добиться за счёт применения на объектах автоматизации единых стандартизированных методов конфигурирования и параметрирования устройств всех уровней системы.

Исследование также показывает умеренно высокий уровень готовности оборудования и отечественных разработчиков/производителей к переходу на централизованные и современные правила проектирования и конфигурирования систем автоматизации. В случае, если будет разработана специальная система автоматизации проектирования, которая позволит работать с единой обобщённой моделью данных SCL и CIM, возможна её полная или частичная интеграция с нашей разработанной системой.

В дальнейшем, в рамках данного исследования планируем дополнить алгоритмы опциональными правилами и методами сопряжения двух моделей, которые позволят ускорить процесс гармонизации двух моделей и двух стандартов. На данный момент ещё остаются узлы моделей, сопряжение которых в прямом и неизменном виде пока невозможно. Объединить две модели возможно только используя единую систему идентификации объектов.

После окончания исследования и разработки мы планируем изучить тематику сквозного конфигурирования, для того чтобы объединить концепцию автоматического параметрирова-

ния и настройки объектов CIM и МЭК 61850 с технологией сквозного конфигурирования и выйти на качественно новый уровень автоматизации в части конфигурирования, настройки и запуска в эксплуатацию энергообъектов.

Список литературы

1. *Drew Baigent, Mark Adamiak, Ralph Mackiewicz. IEC 61850 Communication Networks and Systems In Substations: An Overview for Users.* Mark Adamiak, Drew Baigent, Ralph Mackiewicz. 1988. IEC 61850. Automation.
2. *Лондер М.И., Моржин Ю.И.* Информационная модель ЕЭС на основе стандартов МЭК. ЭНЕРГИЯ ЕДИНОЙ СЕТИ. 2014, № 1(12), февраль – март.

АО “Искра Технологии”

105264, Россия, Москва,
ул. Верхняя Первомайская, д. 51
E-mail: info@iskratechno.ru
<http://www.iskratechno.ru>

Сизов Александр Сергеевич – главный специалист департамента автоматизации энергетики,
Зубов Денис Алексеевич – технический директор департамента автоматизации энергетики.