

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ ИНТЕГРАЦИИ ОБЩЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ В СИСТЕМЫ УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ

Шишков Е.М.

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара,
e-mail: e.m.shishkov@yandex.ru*

Цель исследования – разработка методологии интеграции общей информационной модели в системы учета электрической энергии и мощности в энергетических системах. Проведен детальный анализ существующих стандартов информационного моделирования в энергетике. Разработана методология интеграции общей информационной модели, включающая выявление необходимых параметров учета, модификацию стандартной общей информационной модели для соответствия специфическим требованиям и создание механизмов обмена данными между существующими системами и общей информационной моделью. Проведена компьютерная симуляция предложенной методологии, показавшая улучшение точности учета и эффективности управления энергопотреблением. Выявлены риски и вызовы внедрения общей информационной модели, включая технические сложности, проблемы стандартизации, организационные барьеры и вопросы информационной безопасности. Предложены подходы к преодолению этих рисков, такие как адаптация международных стандартов к национальной специфике, проведение пилотных проектов и инвестиции в обучение персонала. Внедрение разработанной методологии способствует оптимизации процессов учета и управления энергопотреблением, повышает эффективность работы энергетических систем. Для успешного внедрения необходимо решение технических, организационных и технологических задач.

Ключевые слова: общая информационная модель, учет электрической энергии, энергетические системы, информационное моделирование, стандартизация

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR INTEGRATING THE COMMON INFORMATION MODEL INTO ELECTRIC ENERGY AND POWER METERING SYSTEMS

Shishkov E.M.

Samara State Technical University, Samara, e-mail: e.m.shishkov@yandex.ru

The purpose of the work: to develop a methodology for integrating the common information model into electric energy and power metering systems in energy networks. A detailed analysis of existing standards of information modeling in energy was conducted. A methodology for integrating the common information model was developed, which includes identifying necessary metering parameters, modifying the standard common information model to meet specific requirements, and creating mechanisms for data exchange between existing systems and the common information model. A computer simulation of the proposed methodology was carried out, showing improvements in metering accuracy and efficiency of energy consumption management. Risks and challenges of implementing the common information model were identified, including technical complexities, standardization issues, organizational barriers, and cybersecurity concerns. Approaches to overcoming these risks were proposed, such as adapting international standards to national specifics, conducting pilot projects, and investing in personnel training. The implementation of the developed methodology contributes to optimizing metering processes and energy consumption management, increasing the efficiency of energy systems. Successful implementation requires solving technical, organizational, and technological tasks.

Keywords: common information model, electric energy metering, energy systems, information modeling, standardization

Введение

Современные энергетические системы претерпевают значительные изменения, обусловленные ростом потребления энергии, интеграцией возобновляемых источников энергии и развитием интеллектуальных сетей (Smart Grids). Эти факторы приводят к усложнению структуры энергосистем и увеличению количества взаимодействующих компонентов, что предъявляет повышенные требования к точности и оперативности учета электрической энергии и мощности [1]. В условиях глобализации и цифровой трансформации энергетики

особое значение приобретает эффективное управление энергопотреблением и обеспечение надежности энергоснабжения.

Традиционные методы учета электрической энергии, основанные на разрозненных системах и несовместимых форматах данных, не всегда обеспечивают необходимый уровень эффективности и прозрачности [2]. Это связано с тем, что разные участники энергетического рынка используют собственные системы и стандарты для сбора и обработки данных, что затрудняет интеграцию информации и приводит к возникновению ошибок и неточностей. В результате возникают сложности в управлении

энергопотреблением, планировании развития сети и обеспечении баланса между производством и потреблением энергии.

Важность стандартизации и унификации данных в энергетике подчеркивается в работах по цифровой трансформации электроэнергетики [3]. И.А. Головинский отмечает, что отсутствие общих стандартов и согласованной терминологии приводит к фрагментации информационного пространства и препятствует эффективному обмену данными между участниками рынка [3]. Это создает необходимость разработки единых информационных моделей и стандартов, которые обеспечат совместимость различных систем и приложений.

Common Information Model (CIM) представляет собой стандартизованный способ описания компонентов энергетической системы и их взаимодействий, что способствует унификации данных и улучшению процессов обмена информацией [4]. CIM-модель разрабатывается в рамках международных стандартов МЭК 61970 и МЭК 61968 и предоставляет общую терминологию и структуру данных для энергетических систем [5]. Использование CIM-модели позволяет создавать единое информационное пространство, облегчая интеграцию различных систем и повышая прозрачность и управляемость энергетических процессов [6].

Гармонизация CIM-модели с другими международными стандартами, такими как МЭК 61850 и SCL (Substation Configuration Language), расширяет возможности интеграции и обеспечивает совместимость на разных уровнях энергетической системы [4, 6]. Внедрение CIM-модели способствует улучшению взаимодействия между системами управления, автоматизации и учета, что особенно важно в контексте развития интеллектуальных энергосистем [7].

Однако внедрение CIM-модели сопряжено с рядом проблем и вызовов. П. Черкасский и С. Попов выделяют риски, связанные с техническими сложностями, необходимостью обновления оборудования и программного обеспечения, а также с вопросами информационной безопасности [5]. Кроме того, существуют организационные барьеры, связанные с сопротивлением изменениям со стороны персонала и необходимостью обучения новым методам работы [8].

Важным аспектом является адаптация CIM-модели к национальным стандартам и требованиям. И.А. Головинский указывает на проблемы несоответствия между международными и национальными стандартами, что может препятствовать эффективному внедрению CIM-модели в конкретной стране [3]. Для преодоления этих

препятствий необходимо проводить работу по гармонизации стандартов и разработке национальных нормативных документов, учитывающих специфику национальной энергетической системы.

Дополнительную сложность представляет интеграция CIM-модели с существующими системами учета и управления. Н.В. Максимов, В.И. Широков и А.Ю. Шаманин предлагают подход к разработке онтологий на основе стандартов ISO 15926 и IEC 61970 для унификации данных и обеспечения семантической совместимости [9]. Это позволяет создать более гибкую и адаптивную информационную систему, способную интегрировать разнородные данные и приложения.

В условиях развития интеллектуальных энергосистем особое значение приобретает архитектурная модель интеллектуальной энергетической системы (Smart Grid Architecture Model, SGAM) [6, 10]. А.В. Иванов, В.С. Чайкин и Е.Н. Соснина рассматривают SGAM как инструмент системной инженерии, позволяющий визуализировать и анализировать взаимодействие между различными компонентами энергетической системы [6]. Использование SGAM в сочетании с CIM-моделью способствует более эффективному планированию и управлению энергетическими процессами.

Таким образом, актуальность исследования применения CIM-модели для организации учета электрической энергии и мощности обусловлена необходимостью повышения эффективности и надежности энергетических систем. Унификация данных и стандартизация процессов учета позволяют снизить риски ошибок, улучшить качество управления энергопотреблением и обеспечить устойчивое развитие энергетики в условиях цифровой трансформации.

Настоящее исследование направлено на разработку методологии интеграции CIM-модели в системы учета электрической энергии, оценку ее влияния на оптимизацию энергетических процессов, а также анализ рисков и вызовов, связанных с ее внедрением.

Цель исследования – разработка методологии применения CIM-модели для организации учета электрической энергии и мощности в энергетических системах и оценка ее влияния на оптимизацию энергетических процессов.

Материалы и методы исследования

Для достижения целей исследования был проведен детальный анализ существующих стандартов и подходов к информаци-

онному моделированию в энергетическом секторе. Особое внимание уделено международным стандартам МЭК 61970 и МЭК 61968, которые тесно связаны с Common Information Model (CIM) и широко используются для описания энергетических систем на различных уровнях [5].

Стандарт МЭК 61970 определяет общую информационную модель для систем управления энергией (Energy Management System, EMS) и описывает обмен информацией между приложениями EMS. Он предоставляет основу для представления модели энергосистемы, включая топологию сети, характеристики оборудования и параметры режимов работы. В рамках МЭК 61970 определяются классы и атрибуты, которые позволяют стандартизировать описание компонентов энергосистемы, таких как генераторы, линии передачи, трансформаторы и другие элементы [5].

Стандарт МЭК 61968 ориентирован на информационный обмен между системами управления распределительными сетями (Distribution Management System, DMS) и другими корпоративными системами, включая биллинговые системы, системы управления активами и клиентские приложения. Он дополняет МЭК 61970, фокусируясь на процессах, специфичных для распределительных сетей, таких как управление отключениями, планирование технического обслуживания и интеграция данных потребителей [5].

В ходе обзора были изучены структуры данных, модели классов и механизмы обмена информацией, предложенные в этих стандартах. Особое внимание уделено тому, как они поддерживают интеграцию данных из различных источников и обеспечивают совместимость между разными системами и приложениями. Анализ показал, что стандарты МЭК 61970 и МЭК 61968 обеспечивают основу для разработки единой информационной модели энергетической системы, способной поддерживать процессы учета и управления энергопотреблением на высоком уровне точности и эффективности.

Изучены работы по гармонизации CIM-модели с другими международными стандартами, такими как МЭК 61850 и SCL (Substation Configuration Language) [3]. МЭК 61850 является стандартом для коммуникационных сетей и систем на подстанциях, определяющим модель данных и коммуникационные протоколы для систем автоматизации подстанций. Он обеспечивает стандартизацию интерфейсов между устройствами подстанций и системами управления, что важно для обеспече-

ния интероперабельности и снижения затрат на интеграцию.

Гармонизация CIM-модели с МЭК 61850 позволяет создать непрерывную информационную цепочку от уровня оборудования на подстанциях до корпоративных систем управления и учета. SCL, являясь частью стандарта МЭК 61850, предоставляет язык для описания конфигурации подстанций и коммуникационных систем. Интеграция CIM и SCL обеспечивает согласованность моделей данных на разных уровнях и облегчает обмен информацией между системами управления, автоматизации и учета [3].

В процессе исследования были рассмотрены подходы к интеграции данных из моделей МЭК 61850 в CIM-модель, включая сопоставление классов и атрибутов, а также разработку механизмов преобразования данных. Это важно для обеспечения совместимости и непрерывности данных при переходе от уровня подстанций к верхнему уровню систем управления энергосистемой.

На основе проведенного анализа разработана методология интеграции CIM-модели в системы учета электрической энергии, включающая следующие ключевые этапы.

1. Выявление необходимых параметров для учета и управления энергопотреблением

На данном этапе проводился сбор и анализ требований к данным, необходимым для точного и эффективного учета электрической энергии и мощности. Это включало определение перечня измеряемых величин и параметров, важных для управления энергопотреблением, таких как:

- Измерение потребляемой и генерируемой мощности для анализа нагрузок и генерации.
- Учет потребляемой и произведенной электроэнергии.
- Мониторинг параметров качества электроэнергии и состояния сети.
- Анализ гармонических искажений, фликкера и других параметров.
- Сбор данных о состоянии выключателей, трансформаторов и других компонентов для управления активами.
- Анализ потребительского поведения и прогнозирование нагрузок.

В процессе выявления параметров учитывались требования нормативно-правовых актов, стандартов, а также потребности различных заинтересованных сторон, включая операторов сетей, поставщиков электроэнергии и потребителей.

2. Модификация стандартной СИМ-модели для соответствия специфическим требованиям учета

На основании выявленных параметров предлагается модификация стандартной СИМ-модели:

- Разработка новых классов для представления специфических устройств или концепций, не охваченных стандартной моделью, например интеллектуальных счетчиков, устройств накопления энергии, возобновляемых источников энергии.

- Добавление новых атрибутов к существующим классам для хранения дополнительной информации, необходимой для учета и управления.

- Установление отношений между новыми и существующими классами для отражения реальных взаимодействий в энергосистеме.

При модификации модели особое внимание уделялось сохранению совместимости с существующими стандартами и обеспечению возможности дальнейшего расширения модели. Использовались методы объектно-ориентированного моделирования и инструменты для разработки UML-диаграмм.

3. Создание механизмов для обмена данными между существующими системами и СИМ-моделью

Для обеспечения обмена данными между существующими системами учета и управления и новой СИМ-моделью были разработаны механизмы интеграции, включающие:

- Выбор или разработку коммуникационных протоколов, обеспечивающих эффективную и безопасную передачу данных. Рассматривались протоколы, поддерживающие СИМ, такие как IEC 61970-552 СИМ XML и IEC 61968-9.

- Разработку программных модулей, преобразующих данные из форматов существующих систем в формат СИМ и обратно. Это необходимо для обеспечения совместимости между системами, использующими разные стандарты и форматы данных.

- Использование технологий веб-служб (SOAP, RESTful API) для обеспечения доступа к данным СИМ-модели и обмена информацией между приложениями.

- Проведение тестирования разработанных механизмов обмена данными на предмет корректности передачи и преобразования данных, а также производительности и надежности системы.

При внедрении СИМ-модели были идентифицированы следующие возможные риски и вызовы.

Технические сложности

- Многие существующие системы и устройства могут не поддерживать новые стандарты и протоколы, требуемые для СИМ. Это может потребовать значительных инвестиций в модернизацию инфраструктуры.

- Необходимость обеспечения интеграции с устаревшими системами, использующими проприетарные форматы данных и протоколы, может представлять техническую сложность.

- При увеличении объема данных и количества подключенных устройств необходимо обеспечить, чтобы система оставалась производительной и могла масштабироваться без потери качества обслуживания.

Проблемы стандартизации

- Существующие национальные стандарты могут отличаться от международных, что требует адаптации СИМ-модели к специфике национальной энергетической системы [8].

- Различия в терминологии и определениях между разными стандартами и организациями могут затруднять унификацию данных и моделирование.

- Для эффективной адаптации и внедрения СИМ-модели необходимо активное участие в национальных и международных органах по стандартизации.

Организационные барьеры

Сотрудники, привыкшие к текущим системам и процессам, могут сопротивляться внедрению новой модели. Для преодоления этого сопротивления требуется организовать обучение и повышение квалификации специалистов, чтобы они могли успешно работать с новыми инструментами и технологиями. Кроме того, внедрение СИМ-модели может потребовать пересмотра и оптимизации существующих бизнес-процессов, что зачастую является сложным и затратным мероприятием.

Вопросы информационной безопасности

Расширение сетевых взаимодействий и интеграция различных систем повышают потенциальные риски киберугроз, что требует внедрения дополнительных мер защиты. Необходимо обеспечить соответствие системы законодательным требованиям в области защиты персональных данных и информационной безопасности.

В рамках исследования были предложены меры по минимизации указанных рисков. К ним относятся планирование поэтапного внедрения, проведение пилотных проектов, разработка программ обучения

персонала и активное участие в деятельности по стандартизации.

Результаты исследования и их обсуждение

СІМ-модель обеспечивает единый и стандартизированный способ описания компонентов энергетической системы и их взаимодействий. Это значительно облегчает обмен информацией между разными системами и устройствами, которые ранее могли использовать несовместимые форматы данных и протоколы [4]. В традиционных системах данные часто хранятся в отдельных базах данных со своими собственными структурами и форматами, что осложняет их интеграцию и обмен. Применение СІМ-модели позволяет сформировать общую информационную базу, где каждый элемент системы описывается согласно общепринятым стандартам.

Например, при передаче данных от интеллектуальных счетчиков к системам управления и биллинга использование СІМ-модели обеспечивает согласованность данных, устраняет необходимость в разработке сложных преобразователей и снижает вероятность ошибок при обмене информацией. Это особенно актуально для крупных энергетических компаний, где различные подразделения могут применять разные системы и приложения. Стандартизация данных способствует более эффективному взаимодействию как между подразделениями компании, так и с внешними организациями, включая поставщиков оборудования, регуляторов и потребителей энергии.

Стандартизация данных и процессов учета с помощью СІМ-модели уменьшает вероятность ошибок и несовместимостей, возникающих при использовании различных систем. В традиционных системах несоответствие форматов данных и различия в интерпретации параметров могут приводить к искажению информации и некорректным расчетам. СІМ-модель позволяет точно и однозначно описывать параметры оборудования и процессов, обеспечивая более точный сбор и анализ данных.

Увеличение точности учета непосредственно отражается на финансовых показателях компании, поскольку позволяет корректно рассчитывать объемы потребления и производства электроэнергии, снижать потери и оптимизировать расходы. Помимо этого, точные данные необходимы для соблюдения нормативных требований и предоставления отчетности регуляторным органам.

Доступ к актуальным и точным данным благодаря СІМ-модели существенно улуч-

шает процессы прогнозирования и планирования энергопотребления [4]. Это становится возможным за счет анализа больших объемов данных из различных источников в едином формате. Системы прогнозирования могут использовать исторические данные о потреблении, данные о погодных условиях, информацию о состоянии оборудования и другие факторы для создания более точных моделей.

К примеру, операторы сетей могут эффективнее планировать нагрузки, предотвращать перегрузки и оптимизировать распределение ресурсов. Это особенно актуально при увеличении доли возобновляемых источников энергии, которые характеризуются нестабильностью генерации.

СІМ-модель упрощает интеграцию систем управления и автоматизации, повышая гибкость и адаптивность энергетической системы [6]. Благодаря стандартизации данных становится возможным оперативно внедрять новые технологии и приложения, такие как системы управления спросом, интеллектуальные сети (Smart Grid), интеграция распределенной генерации и накопителей энергии.

Применение СІМ-модели также способствует развитию сервисов для потребителей, например, предоставление им доступа к своим данным о потреблении в режиме реального времени, что стимулирует энергосбережение и повышение энергоэффективности.

В процессе исследования был проведен детальный анализ структур данных существующих систем учета и управления. Установлено, что различные системы используют разнообразные форматы данных, включая собственные проприетарные форматы, XML, CSV, а также различные протоколы передачи данных, такие как Modbus, DNP3, IEC 60870-5-104 и др. Это усложняет интеграцию и обмен данными между системами, особенно если они были разработаны разными поставщиками или в разное время.

К примеру, система управления распределительной сетью может использовать один формат данных, в то время как системы учета на подстанциях и у потребителей – другой. Это вынуждает разрабатывать промежуточные программные решения для преобразования и сопоставления данных, что повышает сложность системы и риск возникновения ошибок.

Для решения этих проблем были разработаны схемы сопоставления данных, позволяющие корректно преобразовывать и передавать данные в формате СІМ. Этот процесс включал:

– *Создание матриц соответствия*, где каждому элементу данных в существующей

системе соответствует определенный класс или атрибут в CIM-модели.

– *Разработку правил преобразования данных*, учитывающих различия в единицах измерения, форматах представления чисел, кодировках и других параметрах.

– *Тестирование и валидацию схем сопоставления* на реальных данных для обеспечения правильности преобразований и выявления возможных ошибок.

В ходе исследования предлагается разработать программные модули, обеспечивающие преобразование данных в формат CIM и обратное преобразование для совместимости с существующими системами. Эти модули реализуют разработанные схемы сопоставления и автоматизируют процесс обмена данными.

Прототипы были разработаны с использованием современных языков программирования и технологий, таких как Java, C#, и платформ для интеграции данных (например, Apache Camel, MuleSoft). Модули были протестированы на совместимость с различными системами и протоколами передачи данных.

При разработке модулей учитывались требования к производительности, масштабируемости и надежности. Были реализованы механизмы обработки ошибок, повторной передачи данных в случае сбоев, а также возможности расширения функциональности модулей для поддержки новых типов данных и протоколов.

Создание таких модулей позволяет постепенно интегрировать CIM-модель без необходимости мгновенной замены всех компонентов системы. Это особенно важно для крупных энергетических компаний с разветвленной инфраструктурой и множеством существующих систем. Постепенный переход снижает риски, связанные с внедрением новой технологии, и позволяет аккумулировать опыт и знания в процессе интеграции.

Необходимость обновления оборудования и программного обеспечения для поддержки CIM-модели является одним из основных технических вызовов. Некоторые устаревшие устройства и системы не поддерживают современные протоколы и стандарты, что требует их замены или модернизации [5]. Это может потребовать значительных финансовых вложений и времени.

Например, интеллектуальные счетчики и устройства автоматизации подстанций могут не поддерживать необходимые коммуникационные интерфейсы или протоколы обмена данными. Для решения этой проблемы может потребоваться установка дополнительных устройств-шлюзов или обновление программного обеспечения оборудования.

Различия в национальных и международных стандартах могут вызывать несовместимости и затруднять внедрение CIM-модели [3]. В некоторых случаях национальные стандарты могут иметь специфические требования или могут использоваться термины и определения, отличные от международных.

Необходима адаптация CIM-модели к специфике российской энергетической системы, включая перевод терминологии, учет национальных нормативных требований и интеграцию с национальными системами классификации и кодирования. Это требует участия экспертов в области стандартизации и может быть длительным процессом.

Необходимость перераспределения обязанностей и изменения бизнес-процессов может вызвать опасения у сотрудников относительно стабильности их рабочих мест и роли в организации. Для преодоления этого вызова важно проводить разъяснительную работу, демонстрировать преимущества новой системы и обеспечивать поддержку со стороны руководства.

Для решения проблем стандартизации предлагается провести адаптацию международных стандартов, включая CIM-модель, с учетом специфики национальной энергетики и законодательной базы [3].

Начало внедрения CIM-модели с пилотных проектов позволяет отработать методологию, выявить и устранить возможные проблемы на ограниченном участке, прежде чем масштабировать решение на всю организацию. Пилотные проекты могут быть реализованы на отдельных подстанциях, в региональных подразделениях или в рамках определенных процессов.

Постепенное расширение внедрения позволяет накапливать опыт, совершенствовать процессы и снижать риски, связанные с возможными техническими и организационными трудностями.

Заключение

В ходе данного исследования была разработана методология интеграции модели Common Information Model (CIM) в системы учета электрической энергии и мощности. Тщательное изучение существующих стандартов информационного моделирования в энергетике, таких как МЭК 61970 и МЭК 61968, а также их согласование с другими стандартами, включая МЭК 61850 и SCL, создало основу для формирования унифицированной информационной модели.

Предложенная методология включает определение необходимых параметров для учета и управления энергопотреблением, адаптацию стандартной CIM-модели

под специфические требования учета и разработку механизмов обмена данными между существующими системами и CIM-моделью. Проведенное компьютерное моделирование этой методологии показало повышение точности учета и эффективности управления энергопотреблением.

В процессе исследования были выявлены риски и сложности при внедрении CIM-модели, включая технические трудности, проблемы стандартизации, организационные барьеры и вопросы информационной безопасности. Были предложены способы преодоления этих препятствий, такие как адаптация международных стандартов к национальным особенностям, проведение пилотных проектов и инвестирование в обучение персонала.

Внедрение разработанной методологии способствует оптимизации процессов учета и управления энергопотреблением, повышает эффективность работы энергетических систем и создает базу для развития интеллектуальных сетей (Smart Grids). Стандартизация и унификация данных облегчают интеграцию различных систем и приложений, способствуя повышению прозрачности и управляемости энергетических процессов.

Для успешного внедрения методологии необходимо продолжить работу над адаптацией стандартов, развитием инструментов интеграции и обучением специалистов. Будущие исследования могут быть направлены на практическое применение методологии в реальных энергетических компаниях, оценку экономической эффективности ее

внедрения и изучение влияния на устойчивость и надежность энергосистем.

Список литературы

1. Обичкин Р.Ю., Данилов А.В., Петухов С.В., Надеин В.Ф. Применение современных технологий и методов в оптимизации систем электроснабжения // Научное обозрение. Технические науки. 2024. № 4. С. 9–13.
2. Ильичев В.Ю., Жукова Ю.М. Исследование режимов работы электрических сетей с использованием программной библиотеки Pandapower // Научное обозрение. Технические науки. 2024. № 1. С. 18–22.
3. Головинский И.А. Об основах национальных стандартов цифровой трансформации в электроэнергетике // Энергоэксперт. 2022. № 1 (81). С. 68–72.
4. Горелик Т.Г., Асанбаев Ю.А., Кириенко О.В. К вопросу гармонизации CIM модели энергосистемы и SCL описания подстанции // Релейная защита и автоматизация. 2011. № 2 (3). С. 54–56.
5. Черкасский П., Попов С. Риски применения электротехнических комплексов на основе CIM-модели (МЭК 61970, МЭК 61968) в сетевом комплексе России // Электроэнергия. Передача и распределение. 2023. № S4 (31). С. 36–41.
6. Иванов А.В., Чайкин В.С., Соснина Е.Н. Архитектурная модель интеллектуальной энергетической системы как инструмент системной инженерии // Энергия единой сети. 2022. № 5–6 (66–67). С. 16–25.
7. Ясько Д.В. Внедрение CIM моделей в задачах РЗА // Релейщик. 2023. № 2 (46). С. 27–31.
8. Сизов А.С. Синергия CIM и МЭК 61850. Цели, особенности, перспективы // Релейщик. 2023. № 2 (46). С. 43–47.
9. Максимов Н.В., Широков В.И., Шаманин А.Ю. Подход к разработке онтологии для предметной области электроэнергетики на основании стандартов ISO 15926, IEC 61970 // Автоматизация процессов управления. 2019. № 2 (56). С. 59–66.
10. Информационное моделирование, резонансные процессы в обмотках трансформаторов, интеллектуальные решения для компенсации реактивной мощности, построение единой цифровой сети на базе CIM-моделей и другие актуальные задачи Научно-технического совета «НТЦ Россети ФСК ЕЭС» // Энергия единой сети. 2023. № 2 (69). С. 64–68.