

# НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

АВТОРЫ:

В.А. НАУМОВ, К.Т.Н.,  
В.А. МАТИСОН,  
К.Т.Н., ООО НПП «ЭКРА»

Ю.Г. ФЕДОРОВ,  
АО «СО ЕЭС», ТК 016  
«ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»  
РОССТАНДАРТА

**З**а рубежом и в России задача создания стандартов, нацеленных на формирование единого информационного пространства, а также стандартных интерфейсов для реализации взаимодействия систем различного типа носит актуальный характер. Авторами статьи проанализированы особенности системы стандартизации для трансформированной с применением цифровых технологий

энергосистемы. Выделены основные отличия направления и инструментов такой системы стандартизации от применяемых в стандартизации для традиционной энергосистемы. На основе анализа международного опыта сформулированы предложения по направлениям работ по созданию отечественной базы стандартов для трансформации электроэнергетики на основе цифровых технологий.

**Ключевые слова:** цифровизация электроэнергетики; стандартизация; совместимость; концептуальная модель; CIM; Smart Energy.



В цифровой электроэнергетике информационные связи между объектами, оборудованием и субъектами являются такой же неотъемлемой частью системы, как и электрические

## ВЫЗОВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

В традиционной электроэнергетической системе оборудование, обеспечивающее технологические и бизнес-процессы генерации, передачи и распределения электроэнергии, связано между собой в первую очередь электрическими связями. Информационные связи в такой системе реализуются главным образом через системы автоматизации и используются только в целях технологического управления. При этом часть информационного взаимодействия осуществляется непосредственно по параметрам электроэнергетического режима. Так, первичные регуляторы частоты на электростанциях реагируют на изменение частоты в энергосистеме, а система компенсации реактивной мощности — на напряжение в точке присоединения в электрической сети. Системы автоматизации и защиты в традиционной энергосистеме построены по иерархическому принципу, управление осуществляется применительно к объектам, влияющим на электроэнергетический режим, или к группам объектов, совокупно влияющих на этот режим как, например, нагрузки, объединенные по ступеням автоматической частотной разгрузки. Сама же обращающаяся в системе информация формируется на основе данных от выборочных точек измерения, в том числе в агрегированном виде.

Стандартизация в отношении оборудования в электроэнергетике, основанной на традиционных подходах, направлена на обеспечение согласованной работы оборудования и регламентацию технологических процессов, включая работу систем автоматизации. Взаимодействие основного оборудования в рамках этих процессов описывается в первую очередь в отраслевых и корпоративных документах, находящихся

## ОТЛИЧИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОТ АВТОМАТИЗАЦИИ



Рис. 1

в ведении государственных регуляторов и субъектов электроэнергетики. Соответственно и нормативная база традиционной электроэнергетики направлена на формирование и унификацию комплекса требований к такому оборудованию.

Повышение уровня автоматизации не вносит кардинальных изменений в традиционные энергосистемы, а представляет собой все большую передачу от оператора к техническим устройствам рутинных и хорошо алгоритмируемых функций управления. Хотя и здесь существуют возможности для улучшения этих функций за счет расширения и унификации связей между устройствами.

Процесс цифровой трансформации электроэнергетики в корне меняет ситуацию (рис. 1). Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) и современные математичес-

кие методы обращения с информацией открыли совершенно новые возможности как для энергосистем и объектов электроэнергетики, так и для потребителей электроэнергии в планировании и управления режимами энергосистем, повышении надежности электроснабжения, эффективности использования генерирующих и сетевых активов, управлении энергопотреблением, обеспечении качества электроэнергии, обслуживании потребителей. В цифровой электроэнергетике информационные связи между объектами, оборудованием и субъектами являются такой же неотъемлемой частью системы, как и электрические [1, 2]. При этом для поддержки бизнес-процессов энергетических компаний формируются различного вида информационные системы, обеспечивающие в том числе поддержку управленческих решений, а сами бизнес-процессы

меняются с образованием новых типов участников, объединенных информационными связями, и новых типов взаимодействия, существенно выходящих за рамки физических процессов. ИКТ интегрируют всех участников технологического и бизнес-процессов электроэнергетического комплекса, обеспечивая надежное и безопасное распространение информации в любую точку ко времени, когда эта информация необходима для реализации тех или иных функций. Этим достигается синергетический эффект, который превращает энергосистему в интеллектуальный комплекс с множеством новых возможностей, повышающих уровень эффективности первичных процессов в частности и функционирования комплекса в целом.

Обсуждение вызовов цифровой трансформации идет на многих площадках в России, в том числе в созданной в 2019 г. Ассоциации «Цифровая энергетика». По общему мнению экспертов, этот процесс находится в самом начале, а его перспективные эффекты — сокращение прямых затрат, сроков на проведение операций и повышение производительности труда будут достигаться как постепенно в ходе трансформации, так и длительно — по итогам перехода к целевой модели. Однако для тиражирования потенциально эффективных новых подходов требуется их практическая апробация, на базе которой могут быть выработаны универсальные решения, основанные на унификации новых процессов, аспектов взаимодействия, технологических и информаци-

онных интерфейсах, и сформированы стандарты деятельности, требования и методы оценки. Таким образом, задачи стандартизации существенно расширяются по сравнению с унификацией требований к силовому оборудованию и отдельным системам автоматизации.

## РОЛЬ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Цифровая энергетика (за рубежом используют термин Smart Energy) чаще всего рассматривается как система систем (SoS). Она подразумевает взаимодействие с использованием ИКТ широкого круга участников для реализации указанных выше возможностей. Это отличие

цифровой энергетики от традиционной делает задачу цифровой трансформации электроэнергетики очень сложной, поскольку в процессе этой трансформации задействованы все участники — от крупной генерации, магистральных и распределительных сетевых предприятий до потребителей и распределенных средств генерации вплоть до микрогенерации. И все они должны научиться общаться между собой, понимать друг друга и формировать обеспечивающий системную оптимизацию вектор взаимодействий, причем при минимальном участии человека, а везде, где это возможно, вообще без такого участия. Это приводит к возникновению таких проблем распределенной автоматизации, как информационная совместимость всех систем трансформированной с применением цифровых технологий энергосистемы, безопасность ее компьютерных сетей, обеспечение простоты интеграции в систему существующих, а также и любых возникающих в будущем устройств и систем. Отдельного внимания требуют новые технологии, в том числе основанные на применении искусственного интеллекта, больших данных, мультиагентного подхода.

Соответственно цель стандартизации при цифровизации электроэнергетики расширяется — наряду со стандартизацией, связанной с физическими процессами в энергосистеме, существенно расширяются и усиливаются аспекты стандартизации, определяющие координацию и руководство именно на системном уровне, направленное на обеспечение построения с применением ИКТ-системы, создание и внедрение комплексных решений, по эффективности превышающих суммарную эффективность их составных частей. Такой подход является универсальным и для рассмотрения трансформированной с применением цифровых технологий энергосистемы как системы систем, и для

рассмотрения этой энергосистемы как единой сложной системы, реализованной путем перехода от автоматизации к цифровизации.

При этом все действия в рамках таких подходов к стандартизации должны по возможности обеспечивать преемственность с предыдущими нормативами и требованиями или максимально облегчать переход на новые, поскольку осуществляется цифровая трансформация преимущественно действующей инфраструктуры, а не строительство на пустом месте. Поэтому элементы трансформированной с применением цифровых технологий энергетики должны быть совместимыми между собой и со старыми технологиями на длительном периоде с еще не прошедшей модернизацию энергетической инфраструктурой, включая методы управления, операционные процедуры, механизмы регулирования производства, поставки и потребления электроэнергии, а также должны вписываться в общие принципы организации рынка электроэнергии и мощности.

В электроэнергетике нарабатан большой опыт стандартизации условий совместимости силовых интерфейсов, который применим и в трансформированной с применением цифровых технологий энергосистеме. Однако в традиционной энергосистеме участники могут информационно взаимодействовать главным образом в пределах своего круга, ограниченного электрически близкими устройствами и системами. Как отмечено выше, цифровизация применительно к энергосистеме подразумевает возможность информационного взаимодействия с помощью ИКТ более широкого круга участников этой энергосистемы непосредственно или через посредника в лице поставщика сервисов, например агрегатора виртуальной электростанции. При этом число участников в трансформированной

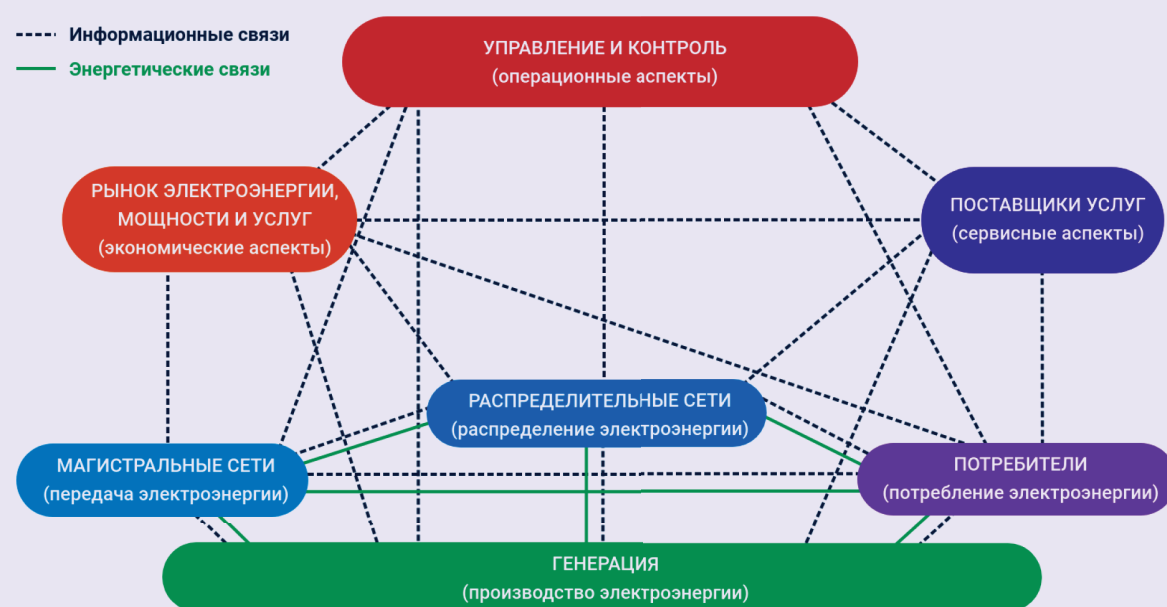
с применением цифровых технологий энергосистеме существенно возрастает по сравнению с традиционной, а сама цифровизация предоставляет все новые возможности, активно подталкивая этих участников к увеличению цифрового взаимодействия с окружающей средой. В то же время связи участников цифровой энергосистемы обязаны учитывать ограничения, накладываемые первичными компонентами энергосистемы. В том числе и поэтому в такой энергосистеме резко возрастает координирующая роль системной стандартизации и обеспечения информационной совместимости этих участников.

В отсутствие стандартизации информационной совместимости в каждом конкретном случае придется настраивать совместимость участников цифровой среды для энергосистемы в рамках каждого взаимодействия «вручную». Недостатки и проблемы, связанные с таким подходом, очевидны и не требуют разъяснения, достаточно отметить гигантские затраты, связанные с вводом каждого нового вида взаимодействия и даже каждого нового объекта в такой энергосистеме. Некоторого улучшения можно достичь, согласовав интерфейсы, в том числе с использованием «мостов», преобразующих форматы данных, отправляемых разными участниками, в формат, который понятен принимающим эту информацию участникам, и осуществляющих доставку этим участникам такой преобразованной информации (эта операция выполняется «мостом» в обе стороны). Однако такая система обмена информацией пока еще очень сложная и дорогая.

## НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Необходимым условием цифровизации является стандартизация общей информационной модели

## АДАПТИРОВАННАЯ К РОССИЙСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ NIST, ОПИСЫВАЮЩАЯ ОБЛАСТИ (DOMAINS) ТРАНСФОРМИРОВАННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ [8]



(Common Information Model, CIM) и интерфейсов, а также максимально возможное использование опирающегося на эту стандартизацию информационной совместимости функционала plug&play, что обеспечивает эффективную интеграцию как существующих, так и потенциально возможных в будущем элементов и комплексных решений для цифровой электроэнергетики при минимальном участии оператора-человека.

Следует отметить, что именно CIM в комбинации с онтологиями, становящимися все более популярным способом предоставления модели данных с формальной семантикой, основанной на общем машиночитаемом понимании, через стандартизованные объектные модели, обеспечивающие ясное для всех

контекстуальное, синтаксическое и семантическое представление информации, создает основы для общего понимания информации, которая используется в цифровой энергосистеме. Эта модель определена как в сериях международных стандартов МЭК 61968 и МЭК 61970 [3, 4], так и в серии национальных стандартов ГОСТ Р 58651 «Информационная модель электроэнергетики», работа над которыми ведется в ТК 016 «Электроэнергетика» Росстандарта [5]. При этом модель охватывает широкий круг понятий: от организаций (субъектов электроэнергетики и потребителей электроэнергии) и объектов электроэнергетики (включая оборудование, устройства и установки) до свойств и связей элементов модели. Базовыми национальными стандартами в серии являются ГОСТ Р 58651.1–2019 и ГОСТ Р 58651.2–

2019 [6, 7], которые описывают автоматизированный информационный обмен в терминах профиля модели и профиля обмена, а также устанавливают базисный состав классов, атрибутов и ассоциаций профиля модели. Национальные стандарты разработаны на основе международного модели CIM с учетом расширений для нужд российской электроэнергетики, при этом применение национальных стандартов обеспечивает совместимость с информационными продуктами, поддерживающими информационный обмен в формате CIM в части указанных выше серий международных стандартов.

Модель является ключевым условием для цифрового описания. CIM представляет собой инструмент для формализованного описания участников энергосистемы и ее структур, но она

не описывает возникающих в ней взаимодействий. Между тем без описания этих взаимодействий невозможно сформулировать требования к информационной совместимости участников цифровой интеллектуальной энергосистемы. Внедрение CIM является важным шагом к созданию базы информационной совместимости в трансформированной с применением цифровых технологий электроэнергетике, но необходимо также создание концептуальных моделей такой энергосистемы, которые, абстрагируясь от конкретных технических решений, позволяют сформулировать требования к совместимости участников в рамках таких моделей, не создавая ограничений для развития и внедрения новых технологий.

В зарубежных системах стандартизации (NIST, IEC, CENELEC) появились документы, описывающие такие концептуальные модели на уровне основных групп — доменов участников и уровней их информационного взаимодействия, исходя из принципа «сверху вниз», т. е. от бизнес-процесса к участвующим в его реализации технологическим процессам и техническим решениям. При этом каждая из моделей может адаптироваться к особенностям энергосистем, входящих в зону применения того или иного стандарта [8–12].

Физическую основу всех концептуальных моделей трансформированной с применением цифровых технологий энергосистемы составляет уровень устройств. Для обеспечения возможности применения новых технологий зарубежные системы стандартизации описывают только крупные области этого уровня, но не их реализацию (рис. 2). Такими областями, например, могут быть крупные генерирующие объекты, магистральные электрические сети, распределительные электрические сети, объекты распределенной генерации и объекты потребителей электроэнергии. При этом каждая область

имеет зоны реализации решений, которыми, например, могут быть:

- первичное оборудование, адаптированное для приема команд и передачи статусной информации по информационно-коммуникационным цифровым сетям;
- вторичное оборудование, как непосредственно цифровое, так и традиционное, цифровизированное путем добавлением цифрового компонента;
- системы управления, реализованные на основе цифровых технологий объектом, предприятием, энергосистемой или ее частью.

Наряду с техническими зонами уровня устройств важной частью этого уровня является область рынка, обеспечивающая ценовые сигналы, используемые как экономическая основа при оптимизации функционирования цифровой электроэнергетики. Такой подход к формированию физического уровня концептуальных моделей цифровой электроэнергетики дает возможность интегрировать в систему любые решения, которые позволяют получить тот или иной системный эффект. Сказанное относится как к управляющему и информационно-коммуникационному оборудованию, так и к первичному оборудованию с энергетическими интерфейсами.

Для описания взаимодействий используются уровни концептуальных моделей цифровой электроэнергетики. В разных моделях они могут быть явными или скрытыми, но всегда базовым является уровень, описывающий участников энергосистемы в областях их присутствия (рис. 3). Полный набор таких уровней содержит описание аппаратных и программных информационных интер-

фейсов взаимодействия, связей и их функции; модели данных и их логическую связь в рамках взаимодействия в системе; функционалы и взаимодействие на уровне реализации конкретных функций участников и системы в целом. Таким образом, эти уровни детализируют описания коммуникационных и информационных технологий, применяемых в цифровой электроэнергетике, а также содержат характеристики, необходимые для обеспечения совместимости ее участников (рис. 4). Отдельным является важный уровень — уровень бизнеса, описывающий имеющиеся ограничения, бизнес-цели и направленные на их достижение взаимосвязанные действия в рамках системы цифровой энергосистемы.

О важности уровня бизнеса говорит тот факт, что проектирование решений для цифровой электроэнергетики на базе вышеназванных моделей рекомендуется вести так же, как и формирование концептуальных моделей — «сверху вниз», начиная с бизнес-анализа и формируя далее нижние уровни так, чтобы в поставленных стратегических целях они обеспечивали получение наивысшего эффекта, достигаемого как за счет адаптации к цифровой среде существующих бизнес-процессов, так и за счет новых бизнес-процессов, возникающих в ответ на новые технологии, тенденции и потребности рынка.

Если в рамках одной системы ценность данных для каждого участника довольно просто оценить, то в больших системах, а особенно в «системах систем», такая очевидность утрачивается, при передаче данных между системами может быть даже потеряна какая-то часть содержательной информации, обеспечивающая ценность передаваемой информации в целом. В результате использование данных становится гораздо менее эффективным, так как информация, которую несет

## ПРОЕКЦИЯ ОБЛАСТЕЙ ТРАНСФОРМИРОВАННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА УРОВЕНЬ УСТРОЙСТВ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ МЭК [11]

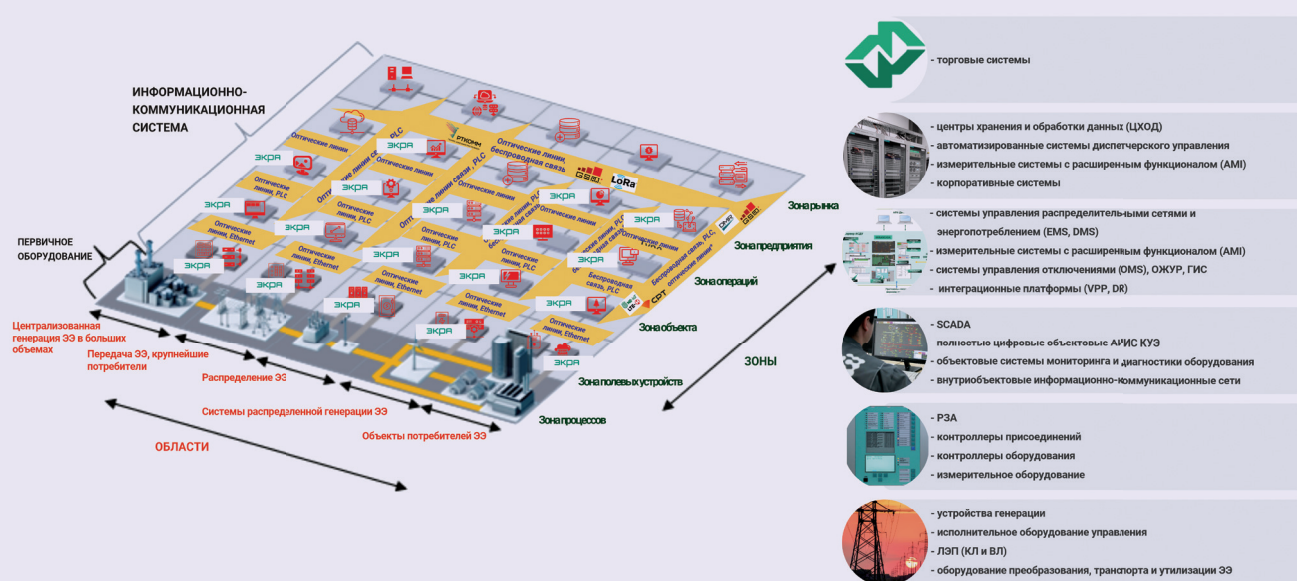
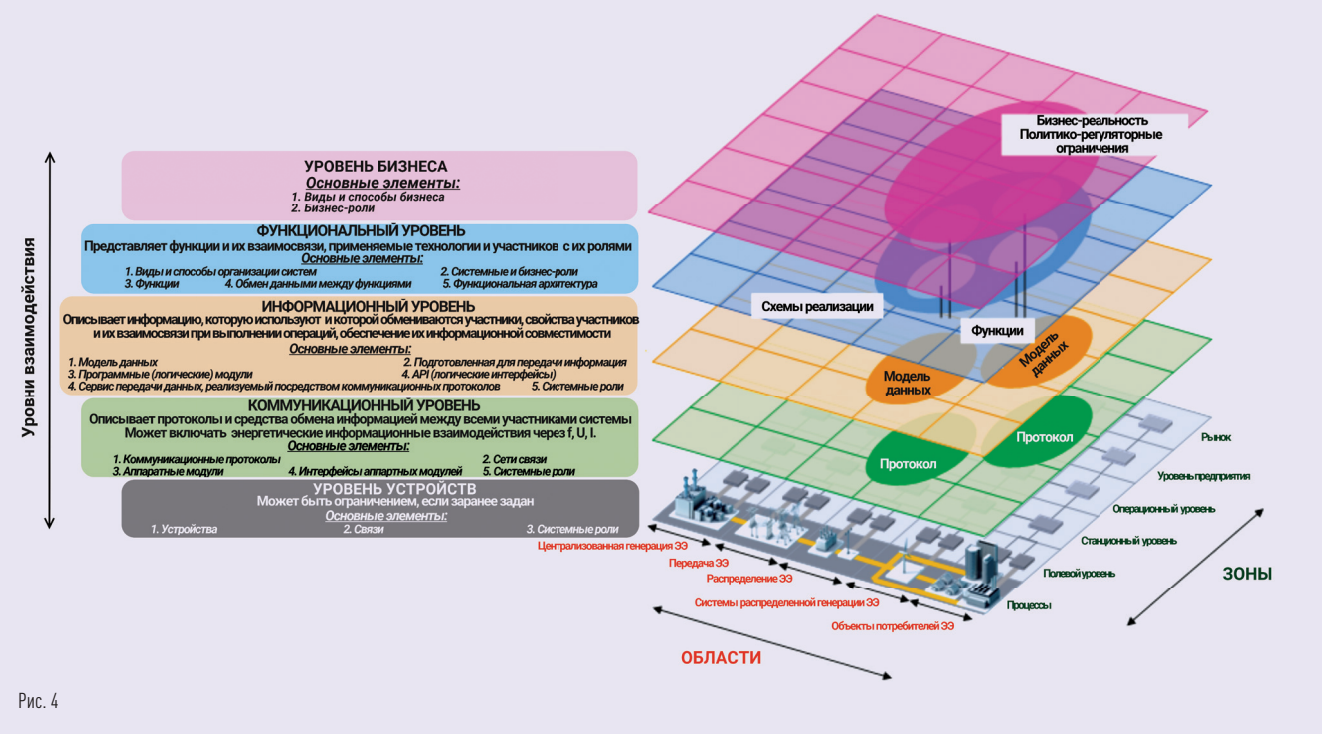


Рис. 3

## УРОВНИ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ МЭК ДЛЯ ТРАНСФОРМИРОВАННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ [11]



весь массив данных, и связи между разными подмножествами данных в большинстве случаев используются неполностью. Более того, зачастую возникает дублирование информации в разных системах и подсистемах, приводящее к избыточности аппаратных средств, т. е. к неэффективности капитальных вложений. Систематизация, о которой сказано выше, и соответствующие ей модели позволяют оптимизировать обмен данными в цифровой энергосистеме, обеспечить их эффективное использование, включая новую аналитику содержащейся в них информации, всеми участниками, для которых эта информация интересна. При этом полная картина взаимодействий и потоков данных позволяет наилучшим образом выявлять существующие уязвимости цифровой интеллектуальной энергосистемы, угрозы всем аспектам ее безопасности

от возможного использования этих уязвимостей. Это позволяет не только выстраивать систему блокирования несанкционированных и нелегитимных действий внутри энергосистемы, но, что самое главное для электроэнергетики, предотвращать их до того, как они начнут вредоносное воздействие на процессы в энергосистеме. Поэтому рассматриваемые модели также являются хорошим средством для выявления и решения вопросов надежности данных и кибербезопасности.

Концептуальные модели позволяют наглядно выявить и систематизировать потоки данных и интерфейсы участников трансформированной с применением цифровых технологий энергосистемы, что необходимо для как формирования общих подходов к функционированию энергосистемы, так и для конкретизации этих

подходов при выполнении реальных проектов по ее построению и развитию. Этим модели облегчают разработку, развертывание приложений и их интеграцию в цифровую энергосистему. Они поддерживают правильный баланс между общесистемными и локальными вопросами при определении требований к этой энергосистеме. В частности, эти вопросы отражены в серии стандартов IEC SRD 62913 [13]. Это новый в МЭК вид документов (Systems Reference Deliverable, SRD) представляет межотраслевой взгляд на системную стандартизацию в области пересечения интересов ряда технических комитетов, специализирующихся на узкой области продукции и процессов. Такие документы разрабатываются в системных комитетах (SyC) МЭК, призванных осуществлять координацию работ по стандартизации

в области описания сложных систем. Образованию системных комитетов в МЭК предшествовало формирование стратегических групп (SG), а также групп по оценке систем (Systems Evaluation Group, SEG). В области электроэнергетики такая системная работа велась с 2008 г. в SG3 «Smart Grid», преобразованной в 2013 г. в SEG-2 «Smart Grid», а с 2014 г. — в SyC «Smart Energy». Основной областью рассмотрения комитета являются интеграция информационно-коммуникационных и электротехнических технологий, а также смежные области тепло- и газоснабжения. Системный комитет «Smart Energy» осуществляет координирующее взаимодействие порядка с 30 техническими комитетами МЭК. Основными смежными комитетами для SyC «Smart Energy» являются ТК 8 «Системные аспекты электроснабжения» и ТК 57 «Управление энергосистемами и соответствующий информационный обмен».

Следует отметить также публикацию IEC TR 63097:2017 «Дорожная карта стандартизации Smart Grid» [14], подготовленную системным комитетом «Smart Energy», в которой перечислен комплекс ключевых серий стандартов МЭК в области Smart Grid: IEC 61970/IEC 61968 — CIM-модель [3, 4]; IEC 62325 — информационный обмен на рынке электроэнергии на базе CIM [15]; IEC 61850 — автоматизация на объектах электроэнергетики, в том числе коммуникация с гидроэнергетическими объектами, объектами распределенной генерации [16]; IEC 62056 — протокол обмена данными с приборами учета COSEM [17]; IEC 62351 — информационная безопасность систем [18]; IEC 61508 — функциональная безопасность систем [19]. Помимо этого, МЭК отмечает другие важные стандарты в области Smart Grid: IEC/TR 62357 — эталонная архитектура, моделей и протоколы [20]; IEC 608705 — телеуправление [21];

IEC 60870-6 — коммуникация TASE2 [22]; IEC/TR 61334 — спецификация DLMS [23]; IEC 61400-25 — коммуникация для ветроэнергетических установок [24].

Важным элементом системы стандартизации в новой области является инструментарий сценариев реализации (Use Case), описывающих действия и взаимодействия при выполнении целевых функций в ходе осуществления проектов и позволяющих выработать подходы к типизации объекта стандартизации. Для системных вопросов, в решение которых вовлечено большое число участников, такой инструмент весьма удобен, так как позволяет определять общие системные решения и принципы, не нарушая автономности участников и их выбора путей адаптации к сформированному системным требованиям. Этот инструментарий может быть использован в процессе стандартизации в случае, когда он применяется для выявления всей номенклатуры взаимодействий, участников и, что главное, для выявления используемых в этих взаимодействиях стандартов, а также взаимодействий, для которых стандартизация еще не реализована. Инструментарий сценариев реализации также может применяться в процессе проектирования взаимодействий в рамках цифровой энергосистемы и самой этой энергосистемы как инструмент описания этих взаимодействий для их предварительной отладки и обеспечения совместимости их участников на основе существующей базы стандартов. При этом сценарии реализации, созданные в процессе стандартизации, могут использоваться в качестве шаблонов в процессе проектирования, что облегчает работу проектировщиков. Кроме того, очень удобно применять стандартизованные процедуры построения сценариев реализации при проектировании уникальных сценариев. Вопросам,

### ИНФОРМАЦИЯ

**Распоряжением ПАО «Россети» от 12.09.2022 № 184р утверждено и введен в действие стандарт организации «Системы накопления электрической энергии. Типовые технические требования» (СТО 34.01-3.2-018-2022).**

Стандарт разработан АО «ФИЦ» при участии ПАО «Россети» и ДЭО.

Документ устанавливает общие требования к системам накопления электрической энергии (СНЭЭ), их компонентам и подсистемам, предназначенным для эксплуатации в электросетевом комплексе группы компаний «Россети».

Стандарт распространяется на системы накопления электрической энергии с полупроводниковыми преобразователями электрической энергии, которые имеют подключение к электрической сети переменного тока промышленной частоты.

Требования настоящего стандарта являются обязательными для ПАО «Россети» и ДЭО ПАО «Россети», а также для других организаций, присоединившихся к настоящему стандарту, при формировании технических заданий на поставку СНЭЭ при проведении торгово-закупочных процедур, при проведении процедуры проверки качества (аттестации) оборудования, а также при разработке стандартов, технических условий, конструкторской, проектной и исполнительной документации на СНЭЭ конкретных серий и типов.

Полный текст СТО



связанным с применением инструментария сценариев реализации, посвящена серия стандартов IEC 62559 [25], первоначально имевших статус документа ограниченного консенсуса — спецификации (Publicly Available Specification, PAS), а систематизация вопросов применения сценариев реализации в цифровой электроэнергетике приведена в публикации IEC SRD 62913–1:2019 [26], разработанной в системном комитете «Smart Energy», взамен которой готовится уже вторая версия документа.

Следует отметить важный методический аспект развития стандартизации в МЭК — в последнее время наряду с классическими «сценариями реализации» все отчетливее проявляется еще не нашедшая отражения в стандартах тенденция рассмотрения сценариев неправильной реализации (Mis-Use Cases), описывающих ситуации, которые система не должна допускать, и взаимодействий, которые возникают в случае их возникновения. Такой подход от обратного отражает практику работы в нестандартных ситуациях, когда нарушается реализация целевого сценария, что эффективно дополняет описание целевых сценариев реализации.

Кроме сказанного выше, стандартизация цифровой электроэнергетики нуждается в сложной координации, опирается на существующие стандарты и обеспечивает их системообразующую интеграцию и адаптацию к трансформируемой на базе ИКТ энергетике. Не случайно в МЭК ею занимается не технический, а системный комитет, взаимодействующий с большим количеством технических комитетов по различным направлениям. Помимо этого, стандартизация цифровой электроэнергетики опирается на большую регуляторную базу, которая существенно различается в разных странах.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Одной из первоочередных задач в развитии стандартизации для цифрового перехода в российской электроэнергетике представляются разработка собственной концептуальной модели трансформированной с применением цифровых технологий энергосистемы или выбор из уже существующих аналогичных моделей базового решения и адаптация его к реалиям и требованиям отечественной электроэнергетики и ее нормативно-правовой базы.

Отличительной особенностью стандартизации данной модели должно стать сочетание стандартов в различных областях: электротехническое оборудование, ИКТ, бизнес-процессы, что позволит:

- обеспечить распространение общих стандартизованных подходов и вовлечение в их реализацию всех заинтересованных сторон;
- сформировать фундаментальные основы совместимости всех подсистем, компонентов и участников трансформированной с применением цифровых технологий энергосистемы;
- полностью охватить весь жизненный цикл подсистем и компонентов трансформированной с применением цифровых технологий энергосистемы.

Благодаря этому будет достигнут целый ряд важнейших эффектов:

- безошибочный и структурированный обмен

данными между всеми участниками процесса трансформации энергосистемы с применением цифровых технологий (улучшение качества);

- повышение независимости от ориентации на конкретного производителя при реализации новых и расширении уже реализованных проектов (повышение устойчивости);
- возможность создания и широкого применения парка не ориентированных на продукцию одного производителя инженерных инструментов для автоматизации реализации решений в процессе трансформации энергосистемы с применением цифровых технологий (повышение производительности);
- формализация знаний и открытость их передачи между отдельными проектами и участниками процесса трансформации энергосистемы с применением цифровых технологий (целенаправленное управление знаниями);
- сокращение затрат временных, материальных, людских и финансовых ресурсов на процессы, связанные с трансформацией энергосистемы с применением цифровых технологий (повышение эффективности).

Эта концептуальная модель может стать основой для формирования перспективной программы стандартизации по направлению цифровой электроэнергетики с участием профильных технических комитетов. При этом системный характер работы и необходимость вовлечения в нее целого ряда технических комитетов, включая ТК 016 «Электроэнергетика», ТК 194 «Кибер-физические системы»,

ТК 022 «Информационные технологии» и другие, обуславливает необходимость формирования Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) координирующего органа наподобие системного комитета МЭК «Smart Energy», показавшего эффективность такого организационного решения, или закрепления такой функции за лидирующим техническим комитетом.

В рамках обсуждаемой тематики следует в первую очередь продолжить развитие серии национальных стандартов ГОСТ Р 58651 по национальному профилю CIM и гармонизацию с международными стандартами МЭК по направлению Smart Grid с целью обеспечения совместимости отечественных решений, а также с учетом особенностей отечественной электроэнергетики и ее нормативно-правовой базы.

Форматами стандартизации в обсуждаемой области могут быть как действующие виды документов по стандартизации (национальные стандарты, своды правил, предварительные национальные стандарты, технические спецификации/отчеты, стандарты организаций), так и новые форматы, включая цифровые. Расширение области стандартизации потребует соответствующего развития классификации и дополнения Общероссийского классификатора стандартов. Полезными будут и рекомендации по передовым технологиям проектирования решений для трансформированной с применением цифровых технологий энергосистемы, возможно, с использованием технологии сценариев реализации «Use-Case» и «Mis-Use Case».

И наконец, очень важной как в общей системе регулирования электроэнергетики в Российской Федерации, так и конкретно в системе регулирования процессов трансфор-

мации энергосистемы с применением цифровых технологий и функционирования этой системы является необходимость обеспечить связанность нормативных документов, относящихся к цифровой электроэнергетике, включая нормативно-правовые акты, национальные стандарты, отраслевые программы и планы. Представляется, что в этих целях целесообразно использовать практику ссылок на национальные стандарты в нормативно-правовых актах, сочетая требования регулятора и стандарты, разработанные на основе консенсуса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кучеров Ю.Н., Федоров Ю.Г. Анализ условий развития интеллектуальных энергосистем с учетом особенностей обеспечения надежности и стандартизации//Энергетическая политика. 2012. № 1. С. 27–41.
2. Федоров Ю.Г. Особенности развития интеллектуальных энергосистем с учетом фактора надежности//Инновационная электроэнергетика — 21. Под ред. В.М. Батенина, В.В. Бушуева, Н.И. Воропая. М.: ИЦ «Энергия», 2017. С. 317–339.
3. IEC 61968–11:2013. Application integration at electric utilities — System interfaces for distribution management — Part 11: Common information model (CIM) extensions for distribution.
4. Серия стандартов IEC 61970 Energy management system application program interface (EMS-API).
5. Федоров Ю.Г. О нормативном обеспечении и стандартизации для цифровой электроэнергетики//Цифровая энергетика: новая парадигма функционирования и развития. Под ред. Н.Д. Роголева. М.: Издательство МЭИ, 2019. С. 48–54.
6. ГОСТ Р 58651.1–2019 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Информационная модель электроэнергетики. Основные положения».
7. ГОСТ Р 58651.2–2019 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Информационная модель электроэнергетики. Базисный профиль информационной модели».
8. NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 4.0 NIST, 2021. <https://nvlpubs.nist.gov/>

- nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1108r4.pdf (Ссылка активна на 24.05.2021).
9. SG-CG/M490/C\_Smart Grid Reference Architecture CEN-CENELEC-ETSI 2012. [https://ftp.cencenelec.eu/EN/EuropeanStandardization/HotTopics/SmartGrids/Reference\\_Architecture\\_final.pdf](https://ftp.cencenelec.eu/EN/EuropeanStandardization/HotTopics/SmartGrids/Reference_Architecture_final.pdf) (Ссылка активна на 24.05.2021).
10. IEEE Standard 2030 IEEE Guide for Smart Grid Interoperability of Energy Technology and Information Technology Operation with the Electric Power System (EPS), End-Use Applications, and Loads IEEE, 2011.
11. IEC SRD 63200 — SGAM basics. <https://syc-se.iec.ch/deliveries/sgam-basics/>(Ссылка активна на 24.05.2021).
12. CEN-CENELEC-ETSI SG-CG/M490/K\_SGAM usage and examples. v3,2014.
13. Серия стандартов IEC SRD 62913 Generic smart grid requirements.
14. IEC TR 63097:2017. Smart grid standardization roadmap.
15. Серия стандартов IEC 62325 Framework for energy market communications.
16. Серия стандартов IEC 61850:2022 SER Communication networks and systems for power utility automation.
17. Серия стандартов IEC 62056 Electricity metering data exchange — The DLMS/COSEM suite.
18. Серия стандартов IEC 62351:2022 SER Power systems management and associated information exchange — Data and communications security.
19. Серия стандартов IEC 61508:2010 CMV Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems.
20. IEC/TR 62357 — эталонная архитектура, моделей и протоколы.
21. Серия стандартов IEC 60870–5:2022 SER Telecontrol equipment and systems — Part 5: Transmission protocols.
22. Серия стандартов IEC 60870–6 Telecontrol equipment and systems — Part 6: Telecontrol protocols compatible with ISO standards and ITU-T recommendations — Section 1: Application context and organization of standards.
23. IEC/TR 61334 — спецификация DLMS.
24. Серия стандартов IEC 61400–25 Wind energy generation systems/Wind turbines Communications for monitoring and control of wind power plants.
25. Серия стандартов IEC 62559 Use case methodology.
26. IEC SRD 62913–1:2019 — Part 1: Specific application of the Use Case methodology for defining generic smart grid requirements according to the IEC systems approach.