«УМНОЕ» ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ: ЗДАНИЯ С НУЛЕВЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ

БИЛЛ КОСИК (BILL KOSIK)
ПЕРЕВОД: ВЛАДИМИР РЕНТЮК

Нулевое потребление энергии, возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и интеллектуальные электросети постепенно становятся ключевыми факторами при проектировании коммерческих зданий.

Для того чтобы устранить какие-либо расхождения в терминологии, которые имеют место в разных материалах, нам необходимо принять общую терминологию для зданий с нулевым потреблением энергии (англ. zero energy building, ZEB) и для интеллектуальной электросети (англ. smart grid). Такие здания называют «дом с нулевым потреблением энергии», «дом нулевого энергопотребления», а сама энергия определяется как zero net energy, net zero energy, net zero — соответственно «нулевая чистая энергия», «чистая нулевая энергия», «чистая нулевая (энергия)» и т. д. Эти определения необязательно неверны, они скорее отражают уточнение технических определений и терминологии, происходившее последние несколько лет. В 2015 г. Национальный институт строительных наук (National Institute of Building Sciences) [1] решил устранить эти различия и подготовил для Министерства энергетики США [2] исследование под названием «Общее определение зданий с нулевым потреблением энергии». Предложенные термины приведены в таблице.

Точно так же, хотя термин «интеллектуальные электросети» широко используется, стандарты, определяющие их, все еще находятся в разработке. Поскольку интеллектуальная электросеть — это долгосрочная поэтапная реализация, неудивительно, что и стандарты, и номенклатура постоянно меняются. Но для этой статьи воспользуемся определением интеллектуальной электросети, предложенным Национальным институтом стандартов и испытаний [3]. Итак, интеллектуальная электросеть — это «модернизированная электрическая сеть, которая обеспечивает двунаправленные потоки энергии и использует возможности двусторонней связи и управления, что приведет к появлению множества новых функций и приложений».

ЗДАНИЯ С НУЛЕВЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ НА КОММЕРЧЕСКОМ РЫНКЕ

За последнее десятилетие в области проектирования зданий с нулевым потреблением энергии произошел большой прогресс. Многие подобные

ТАБЛИЦА. ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ЗДАНИЙ С НУЛЕВЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ

Здание с нулевым потреблением энергии (Zero energy building, ZEB)	Кампус с нулевым энергопотреблением (Zero energy campus, ZECa)[1]	Портфель предложений по нулевому энергопотреблению (Zero energy portfolio, ZEP)	Сообщество нулевой энергии (Zero energy community, ZECo)[2]	Готовность к нулевому потреблению энергии (Zero energy ready, ZER)
Энергоэффективное здание, в котором с точки зрения источника энергии фактическая годовая доставляемая энергия меньше или равна экспортируемой возобновляемой энергии, выработанной на месте.	Энергоэффективный кампус, в котором фактическая годовая поставленная энергия меньше или равна экспортируемой возобновляемой энергии, выработанной на месте.	Энергоэффективный портфель, в котором на основе источника энергии фактическая годовая поставленная энергия меньше или равна экспортируемой возобновляемой энергии, выработанной на месте.	Энергоэффективное сообщество, в котором, исходя из источников энергии, фактическая годовая доставляемая энергия меньше или равна местной энергии, выработанной из возобновляемых источников на экспорт.	Представители промышленности заявили о необходимости разработать определение для зданий, готовых к нулевому потреблению энергии. Этот термин не был включен в определения, но может быть добавлен в будущем.

Примечания.
1. В отчете Министерства энергетики США не было аббревиатуры для кампуса с нулевым потреблением энергии. Чтобы избежать путаницы с сообществом нулевой энергии, название придумал автор статьи.
2. В отчете Министерства энергетики США не было аббревиатуры для «сообщества нулевой энергии». Чтобы избежать путаницы с кампусом нулевого энергопотребления, название предложил автор статьи.

здания уже спроектированы, построены и находятся в эксплуатации. Полезность таких сооружений заключается еще и в том, что они предоставляют возможность измерения и мониторинга: полученные данные просто неоценимы при проектировании и строительстве будущих зданий.

Согласно перечню зданий с нулевым потреблением энергии в США и Канаде, составленному Институтом новых зданий за 2019 г. [4], количество завершенных и проверенных в 2016–2019 гг. проектов выросло на 53%, а количество проектов, находящихся в стадии планирования или строительства, — на 79% (рис. 1). Эти данные подтверждают, что со временем здания с нулевым потреблением энергии станут значительной частью строительного фонда.

Во всем мире существует множество примеров высокоэффективных зданий, использующих меньшую часть энергии по сравнению со зданиями, соответствующими текущим нормам и имеющими аналогичные конструкцию, размер и расположение. Однако такие здания часто зависят от электроэнергии, поставляемой по электросети. В отличие от них здания с нулевым потреблением энергии используют электроэнергию, произведенную исключительно из ВИЭ (рис. 2).

Однако здание, подключенное к местным ветряным и солнечным источникам электроэнергии, имеет высокую степень сложности, что приводит к большему количеству проектных параметров и выполнению множества нормативных требований.

Безусловно, у зданий с нулевым потреблением энергии есть финансовая выгода. Как известно, в различных отчетах определен диапазон периодов окупаемости, и многие исследования указывают на такие финансовые преимущества, как экономия затрат на коммунальные услуги 20–50%, окупаемость в течение 5–10 лет при увеличении первоначальных затрат всего лишь на 3–5%. Конечно, такие цифры могут варьироваться в зависимости от нескольких факторов, но есть много примеров из индустрии проектирования и строительства, демонстрирующих, что здание с нулевым потреблением энергии может быть хорошим финансовым вложением.

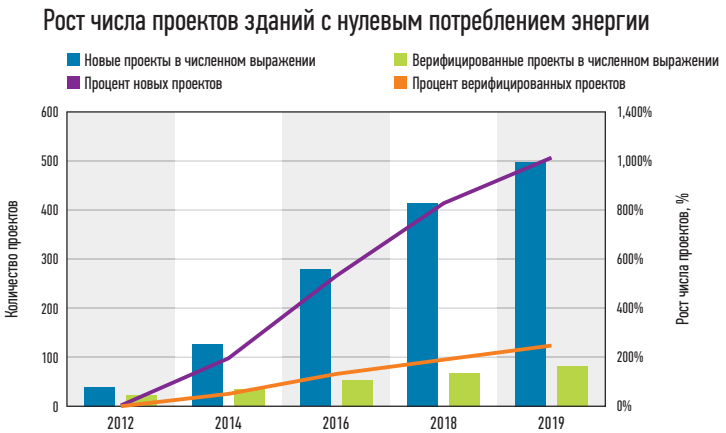


РИС. 1. ◄ Число проектов строительства зданий с нулевым потреблением энергии за период 2016–2019 гг.

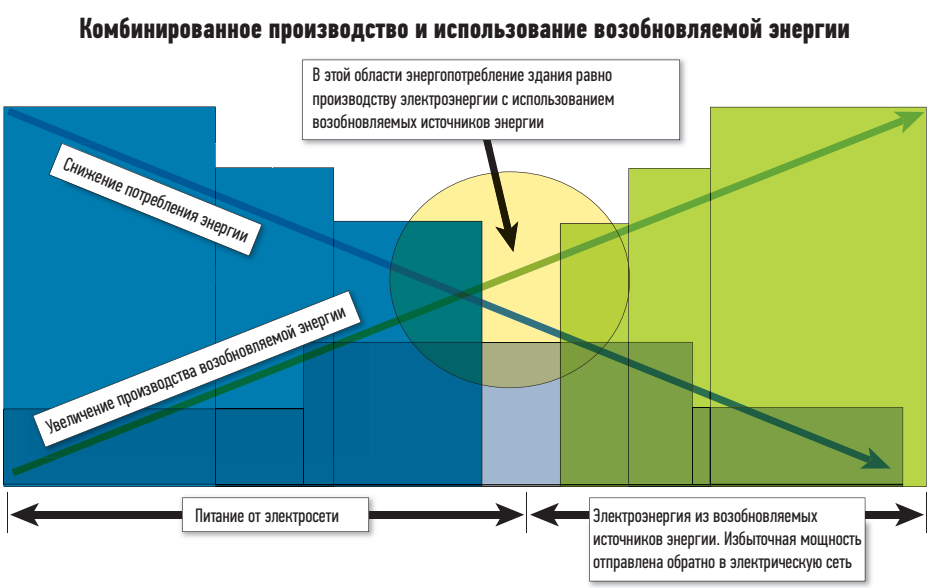
СТАНДАРТИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ С НУЛЕВЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ

По мере строительства новых зданий с нулевым потреблением энергии уроки, извлеченные из предыдущих проектов, будут постепенно сокращать разрыв между бумагой и кирпичом, то есть проектированием и практикой строительства, а также будет уменьшаться количество сложностей, которые неизменно возникают при работе над новым и технически инновационным проектом. Когда разрыв будет почти ликвидирован, должен появиться ряд ресурсов, оценивающих жизнеспособность строительства здания с нулевым потреблением энергии и доступных профессионалам.

Стандарты с открытым исходным кодом и передовой опыт — один из способов гарантировать будущий успех проектов с нулевым потреблением энергии. При этом инструменты для планирования, проектирования, моделирования строительства и эксплуатации являются ключевым фактором и должны быть доступны широкой аудитории. Стандартизация также будет стимулировать более тесную координацию между производителями и строителями и позволит наладить диалог между разработчиками программных кодов и архитекторами зданий. В результате, если законодатели и их избиратели осознают ценность зданий с нулевым потреблением энергии для общества и окружающей среды, то их поддержка будет намного больше и сыграет положительную роль.

Для того чтобы это произошло, необходимо предпринять следующие важные шаги:

РИС. 2. ▼ Концепция зданий с нулевым потреблением энергии: как потребность здания в энергии зависит от источника производства энергии



- Цели проектов должны быть ясны для представителей архитектурной, инженерной и строительной отрасли, а также для законодателей, поощряя их к обсуждению и участию в содержательном обмене идеями.
- Проект здания с нулевым потреблением энергии должен продемонстрировать (наиболее понятным образом) значительное сокращение расходования энергии, стоимости покупной электроэнергии и того, как использование ВИЭ на месте будет способствовать сокращению выбросов CO_2 по сравнению со сценарием «бизнес по старинке».
- Используя в качестве примера LEED (The Leadership in Energy & Environmental Design) — международный экологический стандарт для сертификации «зеленых» зданий, разработанный USGBC (United States Green Building Council) [5], строительный проект должен иметь возможность классифицировать отрасль с помощью стандартного метода.
- Все концепции зданий с нулевым потреблением энергии должны быть гибкими и иметь возможность адаптироваться по мере выхода на рынок новых технологий использования ВИЭ.
- Точное измерение и проверка потоков электроэнергии (от участка к зданию, от участка к электросети, от источника к объекту) — важный аспект, необходимый для понимания того, как функционируют здания и какими станут будущие проекты. По мере развития интеллектуальной сети электроснабжения владельцы зданий будут иметь возможность напрямую общаться с поставщиками энергии по вопросам оптимизации использования и производства электроэнергии.

СТРАТЕГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ С НУЛЕВЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ

Специалисты в области архитектуры и строительства признают ценность работы в команде, все члены которой в итоге приобретают четкое понимание целей проекта и целостных концепций дизайна здания. И это тем более важно при проектировании зданий с нулевым потреблением энергии, поскольку необычные элементы, например ВИЭ, требуют еще более тесного взаимодействия.

Можно выделить четыре основных элемента дизайна зданий с нулевым потреблением энергии, формирующих основу общей стратегии проектирования. Причем все они взаимозависимы и должны рассматриваться как единое целое:

1. Пассивные элементы дизайна. В основе успешной эксплуатации здания с нулевым потреблением энергии лежат идеи пассивного охлаждения и обогрева. Эти концепции не новы, они использовались в жилищах по всему миру на протяжении тысячелетий. Широкое применение и развитие технологий проектирования зданий, материалов и строительных систем делают эти элементы конструкции здания еще более жизнеспособными.

Основная идея любого экологически устойчивого дизайна — работать с климатом, а не против него. В течение многих десятилетий коммерческие офисные здания проектировались с непроницаемыми внешними оболочками с герметичными окнами. При определенных климатических условиях этот тип конструкции жизненно важен для минимизации теплопередачи через сборку наружных стен и исключения проникновения воздуха.

Однако возможность использовать естественную вентиляцию и пассивные элементы конструкции для уменьшения притока солнечного тепла и сдвига пиковой нагрузки охлаждения привела к снижению затрат и повышению комфорта. Конструкция здания с нулевым потреблением энергии оптимизирована благодаря имеющимся данным о погоде в зоне размещения объекта, включая сведения о солнечной энергии и ветре, которые используются при проектировании местных систем энергоснабжения на возобновляемой энергии. В то же время пассивные компоненты конструкции здания не должны оказывать негативного влияния на другие его части. Получившееся здание должно использовать как можно меньше энергии для систем освещения и отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

2. Подключение и управление нагрузкой. В зданиях есть базовый уровень технологий (компьютеры, сетевое оборудование и т. д.), обеспечивающих функциональную среду для жильцов. Светодиодное освещение с датчиками присутствия, адаптивный контроль уровня внешней освещенности, высокоэффективные источники питания и офисное оборудование категории Energy Star — это лишь несколько способов сократить годовую потребность в энергии. Сведение к минимуму или устранение ряда подобных нагрузок позволяет сэкономить энергию на вентиляцию и кондиционирование.
3. Эффективность систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Системы отопления, охлаждения и вентиляции (HVAC) являются одними из самых «прожорливых» потребителей энергии в офисном здании. Снижение годового энергопотребления систем HVAC приведет к значительной экономии энергии. Кроме того, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха и освещения тесно связаны с пассивными элементами конструкции здания, соответственно, и с управлением затенением, освещением, термической массой и вентиляцией — внедрение энергоэффективных решений в этой области позволит сократить ежегодное потребление энергии.
4. Использование ВИЭ на месте. Важно признать, что применение описанных выше трех принципов проектирования позволяет построить высокопроизводительное здание, которое может не полагаться на ВИЭ. Оно способно выступать в качестве «традиционного здания», полагаясь на электрическую сеть (при этом все равно потребляя гораздо меньше энергии, чем обычное здание, соответствующее нормам). Но если мы используем возобновляемую энергию, все становится интереснее.

ПРОИЗВОДСТВО ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ

Возобновляемая энергия на месте — секретное оружие зданий с нулевым потреблением энергии. Самые популярные методы производства такой электроэнергии — фотоэлектрические (солнечные) панели и ветряные турбины. Закупочная цена на фотоэлектрические панели продолжает снижаться, методы установки панелей уже хорошо известны подрядчикам,

а для зданий с ограниченными площадями фотоэлектрические панели считаются лучшим вариантом. Здесь есть один важный момент: для зданий с нулевым потреблением энергии система возобновляемой энергии должна располагаться «за счетчиком», то есть использование внешних ВИЭ (например, местной ветряной электростанции) не может быть классифицировано как производство электроэнергии на месте.

Количество получаемого электричества будет зависеть от местности и погодных условий. В качестве иллюстрации потребления ресурсов и воздействия на окружающую среду выбросов парниковых газов отметим, что количество энергии, использованной на объекте, нормализуется по отношению к источнику энергии.

Электроэнергия, вырабатываемая традиционными электростанциями, подвержена потерям при тепловом сгорании ископаемого топлива, а также при передаче и распределении на объект. Таким образом, количество электроэнергии, вырабатываемой у источника, превышает количество поставляемой электроэнергии. Эти потери учитываются с помощью коэффициентов, которые преобразуют энергию, потребляемую на объекте (не включая возобновляемую энергию на месте), в эквивалентное количество энергии, произведенной на источнике. Этот процесс необходим для оценки относительной эффективности зданий с различными видами топлива.

Здания с нулевым потреблением энергии являются частью обширной экосистемы различных стратегий энергоэффективности. Как уже было сказано, потребление минимума энергии и снижение выбросов CO_2 являются одним из основных принципов для определения сооружения как здания с нулевым потреблением энергии.

Впрочем, нет недостатка в причинах, по которым производство электроэнергии на месте с использованием возобновляемых источников энергии, таких как солнце и ветер, считается важным и перспективным:

- Главный недостаток ископаемого топлива — оно конечно.
- Сжигание ископаемого топлива для производства электроэнергии является одной из основных причин изменения климата.
- Электроэнергия, вырабатываемая в часы пик, поступает от небольших и менее эффективных генераторов, что приводит к большему уровню выбросов CO_2 по сравнению с более крупными генерирующими установками с базовой нагрузкой. Соответственно, у некоторых коммунальных предприятий возникают проблемы с генерирующей мощностью и/или имеются устаревшие системы распределения.

Производство электроэнергии на стороне потребителя, имеющего счетчик электроэнергии, в значительной степени сводит к минимуму эти проблемы и со временем потенциально устраняет их. Помимо того, что мы уже перечислили, стратегии энергоэффективности включают тепло- и водосбережение, зарядку электромобилей и накопление энергии на месте.

Хотя эти и другие стратегии могут относиться к разным техническим областям, в итоге они реализуются по схожим мотивам — для сокращения потребления энергии и соответствующих выбросов CO_2 за счет использования ВИЭ. Возможность подавать электроэнергию обратно в электросеть в значительной степени зависит от государственной политики и органов регулирования по коммунальному обслуживанию, а также от распределительной компании. Правила чистых измерений обычно регулируются и зависят от конкретной электросети. Так что, к сожалению, нет единых регламентов по учету чистой электроэнергии, и это хороший пример того, что нужно сделать менее сложным и обременительным.

ВЫБРОСЫ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Выбросы CO_2 тесно связаны с электростанциями, работающими на ископаемом топливе и использующими уголь, природный газ или нефть. Топливо сжигается (это и есть источник выбросов CO_2) и нагревает воду, которая превращается в пар. Пар, в свою очередь, вращает турбины, приводящие в действие генератор энергии. Вообще говоря, электричество, генерируемое с полуночи до полуночи, считается базовой нагрузкой, когда большие электростанции вырабатывают электроэнергию очень рентабельно.

В течение дня, по мере того как все больше коммерческих зданий начинают свою работу и запускаются те или иные производственные процессы, вводятся в действие второй и третий уровни генерации электроэнергии. Они необходимы для того, чтобы удовлетворить спрос, который не может быть обеспечен только за счет производства электроэнергии по базовому сценарию. А в определенные дни и часы, особенно в жаркие летние месяцы, запускается еще и четвертый уровень генерации.

Если вкратце, именно так коммунальное предприятие управляет своими генерирующими активами.

Способность коммунального предприятия регулировать производство электроэнергии из источника в соответствии с фактическими потребностями конечных пользователей делает производство электроэнергии с помощью ВИЭ гораздо более целесообразным. Дело в том, что в зависимости от типа технологии, применяемой на имеющихся электростанциях, некоторые из них подходят только для удовлетворения базового спроса на электроэнергию.

Но есть такие электростанции, как парогазовые установки (обычно работающие на природном газе), способные рентабельно увеличивать и уменьшать выработку электроэнергии для удовлетворения быстрых изменений текущего спроса, обычно происходящих в начале и в конце пиковой нагрузки. Эти генераторы, иногда называемые «пиковые электростанции», могут быстро запускаться и быстро реагировать, но подобная гибкость обходится дорого — данные устройства менее эффективны, чем электростанции с базовой нагрузкой, и потребляют больше топлива на 1 МВт·ч производимой мощности, что приводит к увеличению выбросов CO_2.

ДОСТАВКА ЭНЕРГИИ

При разработке модели перетоков электроэнергии в здания с нулевым потреблением энергии и из них необходимо начать с анализа основополагающих концепций точного учета CO_2 на основе потребления электроэнергии на месте и выбросов от ее источника. Анализ предусматривает следующие отправные точки:

- Энергия, потребляемая зданием с нулевым потреблением энергии. Сюда входят традиционные нагрузки здания, такие как HVAC, освещение, бытовые приборы, электронное оборудование и т. д. Интересно, что зарядка электромобилей учитывается при экспорте возобновляемой энергии, а не в электросети.
- Доставленная энергия. Это электричество, полученное из электросети, произведенное внешними источниками. Предоставляемая энергия также включает централизованное отопление/охлаждение, электричество, произведенное с использованием возобновляемых и невозобновляемых видов топлива.
- Возобновляемая энергия на месте. Это определение относится к законным границам участка, на котором находится здание с нулевым потреблением энергии. Причем все средства производства электроэнергии должны быть расположены на его территории, например фотоэлектрические батареи, ветряные турбины и другие технологии возобновляемой энергии. Если производство возобновляемой электроэнергии на месте превышает запросы здания с нулевым потреблением энергии, «лишняя» электроэнергия может быть передана во внешнюю электросеть и продана.

Вся энергия, расходуемая зданием с нулевым потреблением энергии, будет поступать от производства электроэнергии на месте, от источника или их комбинации, в этом случае от одного источника энергии поступает максимум 50%.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СЕТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В англоязычной технической литературе есть такие термины, как Nonwires solutions (буквально — «решения без проводов») и Nonwires alternatives (буквально — «альтернативы без проводов»), относящиеся к портфелю идей, связанных с оптимизацией подачи электроэнергии по существующей электросети. Так что по факту «без проводов» — это для красного словца. Такие идеи можно применять не только при строительстве новых линий электропередачи, но и при использовании других средств, предназначенных для уменьшения перегрузки электросети и повышения надежности. По сути, эти идеи служат для определения оптимального подхода к расширению распределения и передачи электроэнергии. В то же время для анализа потребности в проектах по производству электроэнергии используются соответствующие методы планирования.

Задачей таких «беспроводных» инициатив является достижение целей государственной политики, снижение затрат и/или повышение надежности. Некоторые варианты включают:

- Ответ на спрос.
- Динамическое розничное ценообразование.
- Распределенную генерацию.
- Энергоэффективность.
- Применение тех или иных технологий для увеличения емкости системы.
- Альтернативные варианты распределения электроэнергии.

Стандарт ASHRAE 201-2016 «Информационная модель интеллектуальных электросетей предприятия» [5], опубликованный Американским национальным институтом стандартов ASHRAE [6] и Национальной ассоциацией производителей электрооборудования [7], предоставляет дорожную карту для долгосрочного развития интеллектуальных сетей электроснабжения. Кроме того, государственные агентства и частные компании уже опубликовали десятки документов о преимуществах полной интеграции

ВИЭ в национальную электрическую сеть. И уже есть много примеров эксплуатации подобных источников, функционирующих в соответствии с утвержденным планом.

Однако уже много лет специалистов волнует вопрос, как разумно соединить источники энергии, в частности фотоэлектрическую и ветровую энергию, с электросетью, в результате чего и должна быть организована интеллектуальная электросеть. Ожидается, что интеллектуальные электросети будут иметь следующие характеристики:

- Быть устойчивыми к стихийным бедствиям и умышленным повреждениям.
- Представлять собой самовосстанавливающиеся электросети для быстрого развертывания после сбоя.
- Включать новые рынки.
- Подразумевать участие конечного пользователя (заказчика).
- Гарантировать качество электроэнергии, необходимое для поддержки технологий.
- Использовать системы накопления энергии как альтернативу генерации.
- Использовать оптимизацию активов, обеспечивая очень высокую операционную эффективность.

В настоящее время основные средства обмена информацией о расходовании энергии и стратегиях энергоэффективности между коммунальным предприятием и потребителем ограничиваются счетами за коммунальные услуги и соглашениями о сокращении/ограничении поставок. Чтобы построить больше зданий с нулевым потреблением энергии, которые оптимизируют использование возобновляемой энергии на месте (и сокращают выбросы CO_2), все проблемы и успехи, связанные с межсетевым взаимодействием, должны быть включены в коллективную базу знаний. Этот тип коммуникации должен происходить на ранних этапах планирования, чтобы понять, как производство электроэнергии на месте может повлиять на мощность электросети и на различные технические проблемы.

СТАНДАРТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ: ASHRAE 201

Другой тип коммуникации, необходимый в новых реалиях, заключается в двусторонней передаче данных по энергопотреблению между конечным пользователем и поставщиком. Стандарт ASHRAE 201 «Информационная модель интеллектуальной электросети предприятия [5]» — это разработанный в США и проверенный отраслевой регламент, определяющий взаимодействие поставщика энергии и компании, управляющей объектом.

Поставщики энергии будут использовать модели для разработки способов взаимодействия со всеми различными типами объектов с помощью нормализованного протокола. Стандарт 201 определяет абстрактную информационную модель, которая позволит системам автоматизации и управления зданиями не только регулировать энергопотребление объекта (аналогично существующему подходу), но и определять источники генерации — это будет результатом связи с интеллектуальной электросетью и передачи информации об электрических нагрузках коммунальным предприятиям и другим поставщикам электрических услуг.

В итоге такая двусторонняя связь обеспечит возможность подключения и оптимизацию использования энергии на объекте и производства энергии из разных источников. Возможность иметь двустороннюю связь между системами предприятия и коммунальным предприятием переводит потребителя из позиции пассивного наблюдателя в роль активного участника.

В 2007 г. в США был принят федеральный закон под названием «Закон об энергетической независимости и безопасности» (EISA) [8]. В этом законе на Национальный институт стандартов и технологий (The National Institute of Standards and Technologies, NIST) была возложена ответственность за координацию разработки основ для стандартов интеллектуальных электросетей. Результатом программы интеллектуальной электросети NIST будет руководство по подключению объектов к интеллектуальной электросети следующего поколения путем создания технической основы для ценообразования в реальном времени, распределенных энергоресурсов, реагирования на спрос, распределенной генерации, хранения энергии, управления зарядкой электромобилей, а также для доступа потребителей к информации об использовании энергии.

Это именно тот тип программы, который со временем позволит использовать весь потенциал ВИЭ в зданиях с нулевым потреблением энергии. И здесь двунаправленный обмен данными и аналитикой в реальном времени становится важным компонентом для синхронизации действий поставщика и конечного пользователя. В определенных сценариях эти действия будут автоматизированы, что позволит быстро реагировать на потенциальную нестабильность или надежность электросети.

Хотя подробности планирования и дальнейшего развития интеллектуальной электросети выходят за рамки данной статьи, успешный рост и воплощение проектов здания с нулевым потреблением энергии во многом зависит именно от того, насколько электросеть будет интеллектуальной. Важную роль в этом начинании играют независимые и сотрудничающие организации, ответственные за координацию, контроль, мониторинг и эксплуатацию электроэнергетической системы.

А поскольку эти организации охватывают, как правило, несколько штатов США, то для планирования и реализации решающее значение имеют стандартизация и единообразие подходов. Если принять во внимание потенциал снижения спроса на энергию электрической электросети, а также требования по сокращению выбросов CO_2, здания с нулевым потреблением энергии являются и останутся важным компонентом в развитии технологий использования ВИЭ и двигателем в развитии интеллектуальных сетей электроснабжения. Дополнительная информация, поясняющая, что представляет собой здание с нулевым потреблением энергии, доступна по ссылке [9]. ⬢

ЛИТЕРАТУРА

1. www.nibs.org/
2. www.energy.gov/eere/buildings/building-technologies-office
3. www.nist.gov/
4. 2020 Getting to Zero Buildings List. www.newbuildings.org/
5. ASHRAE 201-2016 (RA2020). Standard 201-2016 — Facility Smart Grid Information Model (ANSI Approved/ NEMA co-sponsored). www.techstreet.com/standards/ ashrae-201-2016-ra2020?product_id=2102495
6. www.ansi.org/
7. www.nema.org/
8. Summary of the Energy Independence and Security Act, Public Law 110-140 (2007). www.epa.gov/laws-regulations/ summary-energy-independence-and-security-act
9. Kosik B. What is a zero energy building? www.csemag.com/articles/what-is-a-zero-energy-building/