

снизить нагрузку на сети среднего напряжения 6 – 35 кВ; увеличить количество пользователей электромобилей; развить сетевую инфраструктуру заправок; привлечь дополнительные инвестиции в развитие региона.

Библиографический список

1. *Концепция энергетической стратегии России на период до 2030 года (проект). Прил. к журналу “Энергетическая политика”*. – М.: ГУ ИЭС, 2007.

2. Zhukovskiy, Y., Koteleva, N. *A method of definition of life-cycle resources of electromechanical equipment. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 124(2016) 012172.*

3. *Gartner IT glossary. Gartner (5 May 2012).* — «*The Internet of Things is the network of physical objects that contain embedded technology to communicate and sense or interact with their internal states or the external environment.*»

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Сушкин А.Е.

Научный руководитель Долгопол Т.Л.
Кузбасский государственный технический
университет им. Т. Ф. Горбачева

Рассматривается потенциал применения интернета вещей в энергосистеме России. На сегодняшний день интернет вещей стал одним из самых обсуждаемых трендов в мировом сообществе. Многие страны уже сейчас используют его в разных сферах деятельности, среди которых – энергетика. Анализ опыта иностранных коллег помог выявить перспективы развития интернета вещей в электроэнергетике России.

Интернет вещей (англ. Internet of Things - IoT) как концепт зародился ещё 20 лет назад. Задумка этой идеи такова: объединить физические вещи в информационные сети с помощью соответствующих интеллектуальных датчиков. Далее с этой сетью можно проводить множество различных операций: от обработки данных до автоматизации некоторых процессов.

Потенциал применения интернета вещей сосредоточен во всех сферах деятельности человека: он может быть применён и

в повседневной жизни, и в медицине, и в сельском хозяйстве, и в промышленности, и в энергетике.

В электроэнергетике интернет вещей уже зарекомендовал себя как путь к максимальной энергоэффективности за счёт объединения интеллектуальных приборов учёта электроэнергии и датчиков в единую систему. Такая сеть получила название «Smart Grid» (англ. – «Умная Сеть»).

Термин Smart Grid обрёл мировую известность в 2003 году в статье Майкла Т. Барра «Технологический коридор. Требования надёжности будут стимулировать инвестиции в автоматизацию». В своей статье Майкл Т. Барр рассматривает возможности применения автоматических цифровых технологий обработки данных, полученных с интеллектуальных датчиков, установленных на «уязвимых участках» сети в целях контроля пропускной способности и дистанционного управления электрическими сетями [1]. Такое решение позволило бы значительно повысить надёжность и качество электроснабжения, а также снизить нагрузочные потери за счёт контроля нагрузки потребителей.

Применение Smart Grid позволяет персоналу в режиме настоящего времени вести наблюдение за состоянием оборудования, тем самым помогая прогнозировать возможные ситуации и вовремя их предотвращать. Автоматизация процессов и освобождение персонала от рутинной работы даёт возможность эффективнее использовать человеческий труд и оптимизировать численность сотрудников, количество которых в России уже превышает 700 тысяч человек. Система собирает огромное количество данных о качестве энергии, напряжении, силе тока, провалах напряжения, времени этих провалов. Автоматический анализ позволяет узнать место возможной неисправности и заранее направить туда ремонтную бригаду, предупредив, таким образом, крупную поломку и полный выход из строя оборудования. В настоящее время ремонт осуществляется согласно требованиям нормативных документов (регламентов) с определенной периодичностью, либо по результатам диагностики электрооборудования. «Умная» сеть постоянно контролирует состояние оборудования (в том числе температуру трансформаторов) и выявляет проблемы на начальной стадии их развития [1].

Последующее развитие Умных Сетей в ходе установки интеллектуальных датчиков позволяет распределять электроэнергию между различными источниками и потребителями, что значительно повышает энергоэффективность электросетевого комплекса.

Первыми странами, воспользовавшимися преимуществами Умных Сетей, оказались: США, Индия и Китай. Далее последовали: Германия, Великобритания, Италия, Голландия, Япония, ОАЭ и многие другие. Причём многие из этих стран заинтересованы в совершенно разных аспектах Умных Сетей: США рассматривает Smart Grid как полностью автоматизированную сеть, объединяющую в себе всех потребителей и источники электроэнергии; Китай видит перспективу в развитии распределённой энергетики, безопасности и силовой электроники; Япония, обладающая огромным количеством солнечной энергии и крупных потребителей, видит потенциал к повышению энергоэффективности потребителей [2].

На сегодняшний день в стране используется уже утратившая свой потенциал энергоэффективности традиционная централизованная архитектура построения электроэнергетических систем — «производство – распределение – сбыт – потребление». Такая система не позволяет удовлетворить современные условия развития энергетики, среди которых отмечаются: распределение нагрузок, электроснабжение удалённых и изолированных территорий, распространение применения возобновляемых источников энергии и цифровых технологий в электроэнергетике. Однако, при постепенном развитии применения Интернета Вещей (IoT) возможно объединение электрических сетей в интеллектуальные сети, которые принято называть «Smart Grid» («Умные сети» – англ.). Данная система предполагает объединение узлов сети, оборудования и потребителей интеллектуальными датчиками, способными к взаимодействию. Образование таких масштабных сетей позволит перейти от централизованной архитектуры XX века к распределённой энергетике. Такая система позволит наиболее эффективно распределять нагрузку как между крупными электростанциями, заполняющими основную часть графика нагрузки, так и между мелкими источниками, включение которых в систему позволит перекрывать пиковые нагрузки.

Несмотря на то, что в России большая часть оборудования находится на грани морального устаревания, руководители крупных энергосетевых организаций согласны с тем, что в скором времени возникнет необходимость объединения генерации, распределения и потребления в единую интеллектуальную сеть, и проявляют немалый интерес к развитию подобных идей.

Иностранные коллеги охотно проводят эксперименты и делятся своими наработками с мировым сообществом. Их опыт использования Умных Сетей позволяет оценить перспективы развития Smart Grid в современной энергетике России.

Достоинством примером может послужить эксперимент, осуществленный в 2012 году на полуострове Ютландия (Дания), где на площади около 1000 м² по состоянию на это время были расположены 28 мелких потребителей электроэнергии, 12 подстанций, 47 ветрогенераторов и 5 установок когенерации. В ходе эксперимента они были объединены в единую сеть с управлением из единого центра, получившую название «Виртуальная электростанция». Суть эксперимента состояла в том, чтобы повысить энергоэффективность данного комплекса с помощью механизма управления гибким производственным модулем. Пиковое потребление территории составляло 55 МВт, а мощность генераторов – 70 МВт, 35 из которых – мощность ветрогенераторов. До проведения эксперимента полуостров едва ли обеспечивал свои потребности, но после него он не только, смог сам себя обеспечивать электричеством, но и стал поставщиком электроэнергии. Механизм управления гибким производственным модулем (cell controller), примененный в ходе эксперимента, позволяет дистанционно оптимизировать нагрузку энергосистемы и за счёт распределения поставки энергии потребителям повышать энергоэффективность электросетевого комплекса [3].

Данный эксперимент показал возможности интеллектуальных сетей динамично и эффективно регулировать поставку и распределение электроэнергии потребителям. Такой опыт может быть полезен в электроснабжении отдалённых, труднодоступных и изолированных территорий, которых в России огромное количество: Северный Кавказ, Якутия, Крайний Север и Дальний Восток.

Однако, помимо слабо освоенных территорий, в России есть и крупные города с промышленными предприятиями. В данном случае примером может стать эксперимент, начавшийся в 2013 году в городе Йокогама (Япония). В ходе эксперимента было предложено установить небольшие генераторы и аккумуляторные батареи вблизи крупных зданий и фабрик, оборудовать их по принципам энергосбережения и объединить в единую сеть. Общая сеть в таком случае перекрывает основную часть нагрузки, а распределённые источники - пиковую. Такая комбинация позволила в автоматическом режиме поддерживать оптимальный режим потребления и энергосбережения за счёт технологии

управления освещением, кондиционированием и отоплением. Эксперимент позволил сократить энергоёмкость подключенных зданий на 30-40% в сравнении со средними значениями до введения распределённых источников питания [3].

В России большая часть ВВП сформирована в промышленной сфере, что делает вопрос об энергоэффективности предприятий одним из основных приоритетов экономики страны. Использование распределённой системы питания потребителей позволит не только сократить уровень потребления, но и увеличить резерв для подключения новых мощностей. По оценкам специалистов, внедрение интеллектуальных сетей с распределённой генерацией снизит пик нагрузки до 150 ГВт, при имеющихся в распоряжении 208 ГВт располагаемой мощности ЕЭС. Соответственно, прогнозируемый резерв мощности составляет 28% [4].

Снабжать собственными источниками энергии многоквартирные дома, превалирующие в России, невозможно. Добиться подобного эффекта можно за счет оборудования котельных не крупными генераторами, превратив их в небольшие электростанции. Такие станции, объединённые интеллектуальными сетями с сетью крупных электростанций и накопителей энергии, подобно Йогогамскому опыту, позволят значительно снизить нагрузку на общую сеть и повысить энергоэффективность электросетевого комплекса России, хотя и с высокими начальными капиталовложениями.

В настоящее время в России проходят опыты по внедрению интернета вещей в электроэнергетический комплекс. Во множестве субъектов проводятся различные эксперименты. В Москве, Санкт-Петербурге, Перми, Белгороде проходит тестовое включение системы «Умный город». Такая система предполагает установку интеллектуальных датчиков и приборов учёта электроэнергии, частичную автоматизацию системы освещения городов, которая способна к снижению энергопотребления в часы пиковых нагрузок. Крупные электросетевые предприятия интегрируют интеллектуальные датчики в свои сети, а также предлагают установку интеллектуальных приборов учёта электроэнергии потребителям [2].

Пилотные проекты, применённые в ряде регионов России, привели к снижению потерь электроэнергии на 10-30% за счёт применения интеллектуальных счётчиков электроэнергии, а в 2018 году Госдума РФ приняла закон об интеллектуальных системах учёта электроэнергии, в котором регламентируется допустимый минимум функционала интеллектуальных счётчиков.

Установка счётчиков остаётся на ответственности потребителя, хотя это оказалось нецелесообразно с точки зрения унификации оборудования.

7 мая 2018 года в Указе «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», подписанном президентом В.В. Путиным, был задан курс на развитие цифрового преобразования экономики, включая отрасль энергетики [5].

По различным оценкам, экономический эффект от внедрения Smart Grid в ЕЭС России до 2025 года составит 532 млрд. руб.

На данный момент в мировом сообществе развивается концепт «Интернета энергии». Его суть схожа с уже популярным «майнингом» криптовалюты, основанном на выработке и распределении вычислительных мощностей между пользователями. При полномасштабном переходе потребления и генерации на интеллектуальные системы, возможно не только эффективное распределение электроэнергии, но и создание блокчейн-платформы, в которой потребители уже смогут «делиться» электроэнергией между собой, тем самым сокращая нагрузку на крупные электростанции и освобождая занимаемую мощность энергосетевого комплекса.

Библиографический список

1. Burr M. T. *Technology Corridor. Reliability demands will drive automation investments [Текст]* / M.T. Burr // *Fortnightly Magazine: сб. статей.* – Майами, 2003. – С. 47 – 49.

2. Куникеев Б.А. *Перспективы и проблемы внедрения технологии Smart grid в России [Текст]* / Б.А. Куникеев // *Инженерный вестник.* – 2015. – № 09. – С. 545–548; № 10

3. Семёнов В. *Технология Smart grid и будущее мировой электроэнергетики [Текст]* / В. Семёнов // *Электрик. Международный электротехнический журнал.* – 2013. – № 12. – С. 16 – 20; № 13

4. Ленин А.Е. *«Интернет вещей» (IoT) в России: технология будущего, доступная уже сейчас [Электронный ресурс]* / А.Е. Ленин. – *Электрон. текстовые дан.* – Москва: [б.и.], 2017. – Режим доступа: <https://www.pwc.ru/publications/iot/iot-in-russia-research-rus.pdf>, свободный (дата обращения: 15.10.2019)

5. *Правительство России. [Электронный ресурс]* / официальный сайт. – *Электрон. текстовые дан.* – Москва: 2018. – Режим доступа: <http://government.ru>, свободный (дата обращения: 15.10.2019).