

**Засухина Ольга Александровна,**  
доцент, Ангарский государственный технический университет,

**Малинин Николай Константинович,**  
обучающийся гр. ЭЭ-22-1, Ангарский государственный технический университет,

**Кузнецов Максим Евгеньевич,**  
обучающийся гр. ЭЭ-22-1, Ангарский государственный технический университет,

**Гусев Илья Григорьевич,**  
обучающийся гр. ЭЭ-22-1, Ангарский государственный технический университет.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ**

**Zasukhina O.A., Malinin N.K., Kuznetsov M.E., Gusev I.G.**

### **APPLICATION OF INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES**

### **(INTERNET OF THINGS, IoT) IN POWER SYSTEMS**

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы применения и проникновения технологии интернет вещей (Internet of Things, IoT) в энергосистемах, достоинства и сложности применения IoT, эффективность использования.

**Ключевые слова:** технологии интернет вещей, цифровизация, беспроводная сеть, smart grid, энергосистема, интеллектуальные устройства, облачные технологии, онлайн-сервис.

**Abstract.** The issues of application and penetration of Internet of Things (IoT) technology in power systems, advantages and difficulties of IoT application, efficiency of use are considered.

**Keywords:** Internet of Things technologies, digitalization, wireless network, smart grid, power system, smart devices, cloud technologies, online service.

Применение технологий Интернет вещей (Internet of Things, IoT) в технологически изолированных энергосистемах может значительно улучшить их эффективность и надежность. Устройства IoT, такие как смарт-счетчики, датчики и управляемые нагрузки, могут собирать и передавать данные о потреблении энергии, статусе оборудования и условиях окружающей среды. Это позволяет операторам системы более точно мониторить и управлять энергосетями, оптимизировать распределение энергии и принимать быстрые решения для предотвращения отказов и сбоев.

Интернет вещей (IoT) — это сеть, которая может соединить любой объект с Интернетом на основе протокола для обмена информацией и связи между различными интеллектуальными устройствами для достижения целей мониторинга, отслеживания, управления и определения местоположения.

Интернет вещей фокусируется на реализации трех основных концепций, а именно ориентированных на вещи, ориентированных на Интернет и ориентированных на семантику:

- Концепция, ориентированная на вещи, включает интеллектуальные устройства, такие как RFID-метки, датчики, приводы, камеры, лазерные сканеры, глобальную систему позиционирования (GPS) и NFC.

- Концепция, ориентированная на Интернет, обеспечивает связь между интеллектуальными устройствами с помощью различных технологий связи, таких как ZigBee, WiFi, Bluetooth, сотовая связь и подключает их к Интернету.
- Семантически ориентированная концепция реализует множество приложений с помощью интеллектуальных устройств.

В области распределения электроэнергии IoT можно использовать для распределенной автоматизации, а также для управления операциями и оборудованием.

В области использования энергии IoT можно использовать для умных домов, автоматического считывания показаний счетчиков, зарядки и разрядки электромобилей, для сбора информации о потреблении энергии бытовыми приборами, контроля нагрузки, мониторинга и управления энергоэффективностью и управления потреблением энергии.

Применительно к электроэнергетике, речь идет о способности сетей автоматически информировать о своем состоянии, то есть о количестве потребляемой энергии, ее распределении, об аварийных или внештатных ситуациях и так далее. Сеть выполняет часть работы, которую раньше делал обслуживающий персонал. В основном это касается сбора данных.

У подобной системы есть несколько уровней. На уровне генераторов «оцифрованы» могут быть все параметры работы генерирующих мощностей, включая запасы топлива, необходимость планового ремонта и технического обслуживания, нагрузку и так далее. Это позволяет вовремя переключать мощности, более качественно планировать обслуживание и ремонты, что, несомненно, снижает затраты, а также облегчает контроль за несанкционированным подключением и воровством.

Второй уровень — архитектура самой сети, которая становится более децентрализованной. Такая беспроводная сеть работает так же, как в сеть объединяются, скажем, обычные компьютеры или мобильные устройства.

На уровне возможностей для потребителей энергии появляются новые сервисы. Большая часть из них связана с тем, что у потребителей появляется возможность следить за потреблением электроэнергии в реальном времени и с максимальной детализацией, вплоть до конкретного устройства. Если говорить о крупных потребителях, таких как предприятия или бизнес-центры, то они могут отслеживать недобросовестных арендаторов. Например, можно выявить тех, кто перебирает с электроэнергией, подключает более мощные устройства, чем это разрешено. Также становится возможным точнее определять пиковые нагрузки. А конечные пользователи смогут планировать более равномерное использование энергии, избегая одновременного включения нескольких мощных устройств, а также автоматически переключать оборудование на работу по более дешевым тарифам в ночное время.

Ключевое отличие подобных сервисов в том, что они собирают информацию не за какой-то период, а затем анализируют «исторически», а теперь имеют статистику в реальном времени. Скажем, раньше вы переписывали показатели счетчика раз в месяц, а теперь в приложении всю информацию можно увидеть в каждый конкретный момент. За счет этого и становится возможным более интенсивное использование дешевой энергии и более экономное — дорогой, а также минимизация пиковых нагрузок, более точное планирование использования мощностей. Другими словами, устройства ничего не «знали» о сетях, к которым подключены, а теперь смогут «знать». Представьте, что вы едете на машине и у вас нет информации о дорожной ситуации. И вот появились системы, отображающие трафик. Теперь можно выбирать дорогу, по которой можно доехать быстрее или дешевле.

Гибкость энергосистем и учет потребления, который позволяет прийти к аналитике больших данных, позволяют включить в сеть большое число распределенных источников генерации энергии. Поэтому проникновение IoT в энергетическую отрасль также подстегнет развитие малой энергетики (Smart Grids) и подключение альтернативных источников энергии. Например, несколько небольших производителей энергии (скажем, подстанций, собирающих энергию с ветряков) смогут объединиться в виртуальную станцию и предлагать энергию домохозяйствам.

Тем не менее остается вопрос безопасности подобных сетей в энергетике. Нужно понимать, что чем проще система, тем она надежнее. Поэтому добавление новых элементов — все новых датчиков, все новых устройств для мониторинга — не делает ее надежнее. Тем не менее в целом энергетическая система с приходом технологий IoT становится надежнее именно потому, что эффект достигается за счет большего контроля, использования дополнительных элементов управления и другими способами. Но стоит отметить, что безопасность интернета вещей — серьезный и актуальный вопрос.

Основная сложность для всех IoT-систем, в частности, в энергетике — это «зоопарк» стандартов, протоколов, форматов и прочего. Все устройства должны быть совместимы, тогда их будет легко объединять в сеть.

Передаваемые данные достаточно небольшие по объему, поэтому энергоэффективные и низкочастотные каналы связи имеют большую перспективу для IoT. Мобильная и спутниковая связь избыточна для таких устройств.

Большую сложность представляют агрегация и хранение данных. Необходимо появление так называемого среднего уровня middleware, который будет заниматься агрегацией, нормализацией и аннотированием разрозненных данных. Это полноценные семантические системы, которые как раз и придают сетям «интеллектуальность». Обработка данных на устройствах имеет ограниченный потенциал: в них достаточно простая логика, а многие задачи обработки данных требуют логики более высокого уровня.

Сегодня элементы IoT-систем уже пришли в энергетическую отрасль. На самом деле почти каждый производитель оборудования сейчас предлагает что-то подобное. Все зависит от комплексности внедрения, насколько сильно решил сэкономить заказчик. В российских энергосетях современное оборудование уже цифровое, так что на генерирующих предприятиях, на электростанциях, где уже была проведена модернизация или где только что построили сеть, как правило, степень проникновения IoT-систем достаточно высокая. Чтобы технологии приходили в энергетику быстрее, нужны законодательные изменения (например, стандартизация протоколов, введение обязательств по системам телеметрии и автоматики). Сейчас создан Технический комитет при Росстандарте, который занимается в том числе и этими вопросами.

На сегодняшний день в российской энергетике IoT-технологии (Internet of Things) применяются в двух основных направлениях: снижение энергопотребления и контроль технической исправности оборудования для предотвращения аварийных ситуаций. Технологии интернета вещей основаны на телеметрии и телеуправлении, поэтому используются в отрасли для построения «умных» сетей и инфраструктуры Smart Grids при помощи датчиков и сенсоров, подключенных к общему облачному или онлайн-сервису.

Система телеуправления в электроэнергетике позволяет мониторить состояние сетей в режиме онлайн, сохранять данные на облачных сервисах, определять степень риска дальнейшей эксплуатации объекта и необходимость экстренного вмешательства ремонтно-сервисных служб.

Экономический эффект от внедрения IoT в электроэнергетике до 2025 года в России может составить около 532 млрд рублей. Постепенно, когда представители сетевых компаний увидят выгоду от вложений в IoT-инфраструктуру, количество таких устройств будет увеличиваться. То же самое мы видели, например, со светодиодным освещением. Еще несколько лет назад это была экзотика, а сейчас, так как бизнес осознал и на своем опыте проверил снижение издержек, светодиоды на каждом шагу.

Российские производители оборудования и программного обеспечения для предприятий топливно-энергетического комплекса активно разрабатывают инновационные продукты для применения во всех сегментах энергетики:

- генерация,
- передача и распределение,
- сбыт,
- потребление.

Согласно распоряжению президента РФ, энергокомпании обязаны приобретать российское программное обеспечение и электронные компоненты для внедрения интеллектуальных систем управления электрическими сетями. Это стимулировало увеличение спроса на такие отечественные разработки, как

LPWAN-технологии, системы прогнозного мониторинга энергетического оборудования и другие инновационные продукты.

Внедрение IoT-технологий в российскую энергетику позволит повысить эффективность работы отрасли на всех этапах, оптимизировать расходы и простимулировать развитие новых источников энергии:

- возобновляемых источников энергии,
- комбинированная генерация электроэнергии и тепла (когенерация),
- микрогенерация.

Например, использование телеметрии и телеуправления на объектах энергетики в 15 раз ускорит передачу информации о возможном возникновении аварийной ситуации, и соответственно, уменьшить время на устранение угрозы.

Сейчас примерно 60 % промышленных предприятий в России используют или тестируют IoT-технологии. Ожидается, что в ближайшие 2-3 года оборот рынка интернета вещей в России увеличится в три раза. Основным драйвером развития станет масштабный запуск сетей пятого поколения мобильной связи (5G), которые наиболее подходят для передачи больших данных в облачных системах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Муромцев Д.** Интеллектуальные энергосети - URL: [https:// postnauka.ru/faq/80119](https://postnauka.ru/faq/80119) (дата обращения: 15.05.2023).

2. Решения Интернета вещей для энергетики - URL: [https:// aggregate.digital/ru/industries/power-engineering.html?ysclid=lhoa2om4zd872540398](https://aggregate.digital/ru/industries/power-engineering.html?ysclid=lhoa2om4zd872540398) (дата обращения: 15.05.2023).

3. **Повный А.** Перспективы интеграции Интернета вещей (IoT) и умных электрических сетей (Smart Grid) - URL: [https://electricalschool.info/guides/ 2692-integraciya-iot-i-smart-grid.html](https://electricalschool.info/guides/2692-integraciya-iot-i-smart-grid.html) (дата обращения: 15.05.2023).

4. **Евланов А.** «Интернет вещей» в электроэнергетике. Применение и перспективы - URL: <https://www.elec.ru/publications/tsifrovye-tekhnologii-svjaz-izmerenija/6157/?ysclid=lho9wooce966667851> (дата обращения: 15.05.2023).