

ИОТ-ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ РЕЖИМАМИ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Н. Ч. Узаков

*аспирант, Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент, Узбекистан,
uzaqovnavruz81@gmail.com*

В статье анализируется применение IoT-технологий в управлении режимами систем хранения энергии. Интеграция сенсоров, облачных платформ и алгоритмов искусственного интеллекта обеспечивает мониторинг в реальном времени, прогнозирование нагрузок и оптимизацию зарядки и разрядки. Это повышает эффективность работы накопителей, снижает затраты и способствует интеграции с возобновляемыми источниками энергии.

Ключевые слова: IoT; системы хранения энергии; мониторинг; прогнозирование; оптимизация; искусственный интеллект; возобновляемая энергетика; Smart Grid; цифровизация.

IOT TECHNOLOGIES IN ENERGY STORAGE SYSTEM MANAGEMENT

N. Ch. Uzaqov

PhD student, Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan, uzaqovnavruz81@gmail.com

The article analyzes the use of IoT technologies in managing energy storage systems. Integration of sensors, cloud platforms, and AI algorithms enables real-time monitoring, load forecasting, and optimization of charging and discharging. This improves efficiency, reduces costs, extends equipment life, and supports integration with renewable energy sources.

Keywords: IoT; energy storage systems; monitoring; forecasting; optimization; artificial intelligence; renewable energy; Smart Grid; digitalization.

В условиях глобальной энергетической трансформации и перехода к возобновляемым источникам энергии системы хранения энергии (СХЭ) становятся ключевым элементом современной энергетической инфраструктуры. Они обеспечивают баланс между генерацией и потреблением, повышают надежность энергоснабжения и способствуют интеграции децентрализованных источников энергии в общую сеть. Однако эффективность работы СХЭ во многом зависит от точности управления их режимами, включая заряд, разряд, распределение нагрузок и прогнозирование пиковых потребностей.

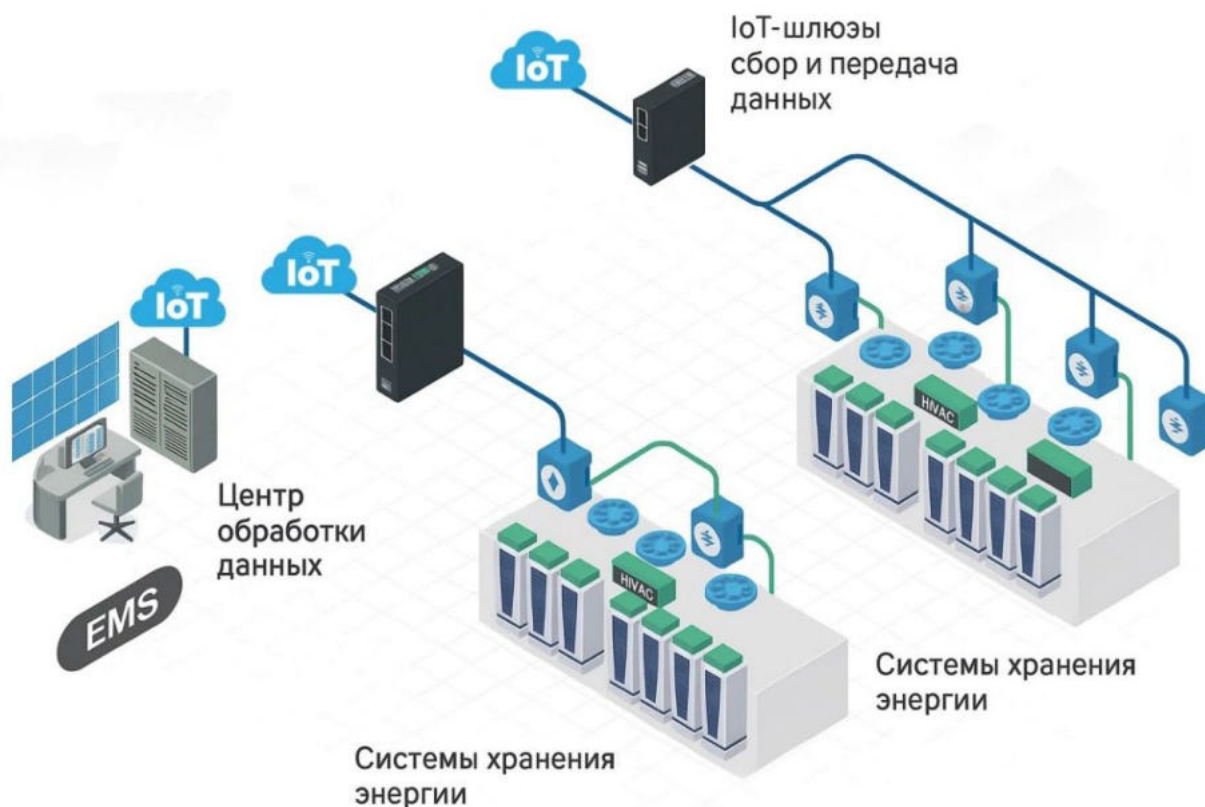
Традиционные методы управления не всегда способны учитывать высокую динамичность процессов и влияние внешних факторов, таких как колебания выработки возобновляемой энергии или изменения спроса. В этой связи на первый план выходят цифровые технологии, в частности Интернет вещей (IoT), который открывает новые возможности для интеллектуального мониторинга и оптимизации режимов работы накопителей.

Использование IoT позволяет в реальном времени собирать данные о состоянии батарей, температурных режимах, уровнях заряда и характеристиках сети, а также применять аналитические алгоритмы для прогнозирования и оптимизации процессов. Таким образом, IoT-технологии становятся важным инструментом повышения эффективности, надежности и устойчивости систем хранения энергии в условиях цифровизации энергетики.

Системы хранения энергии (СХЭ) в настоящее время занимают ключевое место в развитии энергетической отрасли, обеспечивая гибкость и устойчивость энергосетей при интеграции возобновляемых источников. Наибольшее распространение получили электрохимические накопители (литий-ионные, натрий-ионные, свинцово-кислотные аккумуляторы), обладающие высокой плотностью энергии и доступностью технологий. В крупных энергетических комплексах применяются механические накопители, такие как гидроаккумулирующие станции, системы со сжатым воздухом и маховики, отличающиеся долговечностью и высокой надёжностью. Дополнительно используются тепловые накопители, позволяющие сохранять тепло для последующего применения в энергетике и промышленности [1; 2].

Несмотря на значительное распространение, традиционные методы управления режимами накопителей сталкиваются с рядом ограничений, включая колебания выработки при интеграции с возобновляемыми источниками, недостаточные возможности прогнозирования спроса и погодных условий, а также ускоренную деградацию оборудования при неэффективных циклах зарядки и разрядки. Кроме того, такие системы слабо интегрируются с интеллектуальными сетями и децентрализованной генерацией. В этих условиях актуальным направлением становится применение IoT-технологий, которые обеспечивают мониторинг в реальном времени, предиктивную аналитику и оптимизацию режимов работы, что позволяет существенно повысить эффективность эксплуатации и продлить срок службы оборудования.

На рисунке наглядно отражено применение IoT-технологий в управлении режимами систем хранения энергии. Показано, каким образом Интернет вещей (IoT) интегрируется в инфраструктуру накопителей энергии (BESS – Battery Energy Storage Systems), обеспечивая эффективный мониторинг, управление и оптимизацию рабочих процессов.



Архитектура применения IoT-технологий для управления режимами систем хранения энергии

Современные системы хранения энергии (BESS) функционируют на основе интеграции с IoT-технологиями, обеспечивающими сквозной контроль и оптимизацию рабочих процессов. Центральным элементом выступает система управления энергией (EMS), которая собирает и обрабатывает данные о состоянии накопителей и энергопотреблении. Благодаря EMS операторы получают возможность в реальном времени отслеживать параметры работы оборудования и принимать оптимальные решения для повышения эффективности и надежности. Важную роль в этой архитектуре играют IoT-шлюзы, обеспечивающие взаимодействие между различными устройствами, преобразование протоколов и надежную передачу информации в центр обработки данных [3; 4].

Ключевыми источниками информации выступают датчики и измерительные устройства, фиксирующие такие параметры, как температура, влажность, ток, напряжение, а также состояние систем охлаждения и вентиляции. На основе этих данных осуществляется интеллектуальное управление режимами зарядки и разрядки накопителей, что позволяет предотвращать перегрузки, минимизировать потери энергии и продлевать срок службы оборудования. Таким образом, комбинация EMS, IoT-шлюзов и сенсорных систем формирует единую интеллектуальную платформу, которая обеспечивает высокую эффективность и устойчивость работы современных систем хранения энергии.

Внедрение IoT-технологий в управление системами хранения энергии (СХЭ) обеспечивает целый ряд преимуществ, направленных на повышение эффективности и надежности энергетической инфраструктуры. Интеллектуальное управление режимами зарядки и разрядки позволяет сократить энергетические потери, оптимизировать использование ресурсов и продлить срок службы аккумуляторного оборудования за счет снижения его деградации. Автоматизация процессов уменьшает эксплуатационные расходы, минимизируя потребность в ручном контроле и техническом обслуживании. Кроме того, интеграция IoT с возобновляемыми источниками энергии обеспечивает баланс генерации и потребления, сглаживает пиковые нагрузки и повышает устойчивость энергосистем, а применение предиктивной аналитики помогает заранее выявлять неисправности и предотвращать аварийные ситуации.

Перспективы внедрения IoT в СХЭ связаны с развитием интеллектуальных энергосетей (Smart Grid), где такие технологии будут ключевым элементом интеграции накопителей в цифровую энергетику. Совмещение IoT с большими данными и алгоритмами искусственного интеллекта позволит более точно прогнозировать режимы работы и управлять сложными энергосистемами. В будущем особое значение приобретет децентрализация: решения на базе СХЭ будут активно использоваться в «умных домах», микрорайонах и на промышленных предприятиях. Такое развитие обеспечит повышение энергоэффективности, снижение углеродного следа и соответствие глобальным целям устойчивого развития [5].

Применение IoT-технологий в управлении режимами систем хранения энергии является важным шагом на пути к цифровой трансформации энергетики. Благодаря интеграции сенсоров, облачных платформ и алгоритмов искусственного интеллекта обеспечивается мониторинг в реальном времени, прогнозирование нагрузок и оптимизация процессов зарядки и разрядки накопителей. Это позволяет повысить эффективность использования энергии, продлить срок службы оборудования и минимизировать эксплуатационные затраты.

Кроме того, IoT-технологии способствуют более глубокой интеграции систем хранения с возобновляемыми источниками энергии, обеспечивая стабильность энергоснабжения и устойчивое развитие энергетических систем. В перспективе такие решения станут основой для построения интеллектуальных энергосетей (Smart Grid), обеспечивающих высокую гибкость, надежность и экологичность энергетики будущего.

Библиографические ссылки

1. *Rakhmonov I. U., Niyozov N. N., Nimatov K. B., Ushakov V. Ya., Omonov F. B., Reymov K. M., Najimova A. M.* Mathematical model for reducing active power losses by regulating reactive power at enterprises with continuous production mode // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2025. Vol. 336, № 2. P. 159–171.
2. *Ushakov V. Ya., Rakhmonov I. U., Askarov A. B., & Nikitin D. S.* Digitalization of Electrical Power Engineering: Scientific and Technical Fundamentals and Achieved Advantages // Power Systems. Springer. Cham, 2025.
3. *Liuming Jing, Jinxuan Guo, Teng Feng, Liu Han, Zhaozheng Zhou, Mirkomil Melikuziev.* Research on Energy Optimization Scheduling Methods for Systems with Multiple Microgrids in Urban Areas // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. URL: <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Zhaozheng-Zhou-2172703810> (дата обращения 2.09.2025).
4. *Rakhmonov I. U., Uzaqov N. Ch.* Multi-cell battery charging device. «Инновационная энергетика: фундаментальные основы энергетики и инновационные инженерные решения». Ургенч, 9–10 апрель 2025 г. С. 1544–1546.
5. *Расулов А. Н., Рузиназаров М. Р.* Вторичный источник питания для зарядки аккумуляторных батарей. «Актуальные проблемы системы электроснабжения» V Международная научно-техническая конференция, Ташкент, 26–27 августа 2025 г. С. 273–275.