



АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Армян Евгений Викторович

магистр электроэнергетики, аспирант 2 курса,
Югорский государственный университет,
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: armyanavg@gmail.com

Ахмедов Ислам Ахмедович

магистр электроэнергетики, аспирант 2 курса,
Югорский государственный университет,
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: dragunov2686@mail.ru

Екимов Иван Сергеевич

магистр электроэнергетики, аспирант 2 курса,
Югорский государственный университет,
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: zyfd.ekimov@gmail.com

Предмет исследования: методы повышения качества электрической энергии в электрических сетях, используемых для электроснабжения преимущественно коммунально-бытовых потребителей в городской местности.

Цель исследования: определение наиболее актуальных методов для повышения качества электрической энергии коммунально-бытовых потребителей, их достоинств и недостатков, а также определение направления модернизации.

Методы и объекты исследования: в качестве объекта исследования в данном материале выступает жилищно-коммунальный комплекс в городской местности, в частности электросетевой комплекс. В основе работы использованы такие методы научного исследования, как анализ, синтез, моделирование и обобщение.

Основные результаты исследования: проведен анализ особенностей управления качеством электрической энергии и регулирования напряжения в современных условиях. Выделены важность и необходимость использования современных интеллектуальных систем для повышения надежности, энергоэффективности и качества электрической энергии. Сформулированы ключевые предпосылки для введения умных систем для контроля состояния электрической сети. Определены задачи, решение которых необходимо для модернизации комплекса. Сделано предложение об использовании в качестве основного инструмента модернизации систем на основе искусственного интеллекта.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, электрическая энергия, качество электрической энергии, энергоэффективность, умные системы.

ANALYSIS OF FEATURES OF ELECTRIC ENERGY QUALITY MANAGEMENT AND VOLTAGE REGULATION IN HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

Evgeny V. Armian

master of Electrical Engineering,
2nd year postgraduate student,
Yugra State University,
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: armyanavg@gmail.com

Islam A. Akhmedov

master of Electrical Engineering,
2nd year postgraduate student,
Yugra State University,
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: dragunov2686@mail.ru

Ivan S. Ekimov

master of Electrical Engineering,
2nd year postgraduate student,
Yugra State University,
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: zyfd.ekimov@gmail.com

Subject of research: methods of improving the quality of electric energy in electric networks used for power supply mainly to municipal consumers in urban areas.

The purpose of the study is to determine the most relevant methods for improving the quality of electric energy of municipal consumers, their advantages and disadvantages, as well as determining the direction of modernization.

Methods and objects of research: the object of research in this material is the housing and communal complex in urban areas, in particular the electric grid complex. The work is based on such scientific research methods as analysis, synthesis, modeling and generalization.

The main results of the study: the analysis of the features of electric energy quality management and voltage regulation in modern conditions. The importance and necessity of using modern intelligent systems to improve reliability, energy efficiency and quality of electric energy is highlighted. The key prerequisites for the introduction of smart systems for monitoring the state of the electrical network are formulated. The tasks, the solution of which is necessary for the modernization of the complex, have been identified. A proposal has been made to use artificial intelligence-based systems as the main tool for modernization.

Keywords: housing and communal services, electric energy, quality of electric energy, energy efficiency, smart systems.

ВВЕДЕНИЕ

Умное жилищно-коммунальное хозяйство (далее – ЖКХ) является одной из составных частей в развитии концепции умного города. При этом именно на основе IoT (Интернета вещей) обеспечивается оптимизация управления инфраструктурой ЖКХ. Рассматриваемое направление включает в

себя целое множество инструментов, позволяющих автоматизировать получение показаний счетчиков, контролировать работу оборудования в режиме реального времени, а также прогнозировать и предотвращать аварийные ситуации [1]. Итог реализации и повсеместной интеграции данной концепции позволит существенно повысить качество и эффективность функционирования



жилищно-коммунальной сферы, а также обеспечить защищенность населения в экономическом и техническом отношении.

Основными предпосылками, которыми были вызваны тренды интеллектуализации сферы ЖКХ и отдельных ее компонентов, являются высокий уровень аварийности и выхода из строя оборудования, многочисленные попытки (зачастую успешные) кражи электроэнергии и невозможность централизованного контроля абонентов. В частности, одной из важных задач при решении данных проблем является интеграция систем управления качеством электроэнергии и регулирования напряжения [2]. Именно на основе решения данной задачи представляется возможным обеспечить полный контроль абонентов и стабильную работу жилищно-коммунального хозяйства.

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЖКХ

Решение проблем, связанных с повышением эффективности и обеспечением безаварийной работы сферы ЖКХ на основе интеграции решений по управлению качеством электроэнергии, является основным трендом 2024 года. До недавнего времени предпринимаемые попытки по решению данных проблем были направлены только в сторону интеллектуализации отдельного оборудования, к примеру счетчиков. На сегодняшний день понятно, что без использования дополнительных систем по управлению качеством электроэнергии и регулирования напряжения не обойтись по следующим причинам:

- улучшение качества услуг. Качество электроэнергии влияет на работу электрооборудования, электроприборов и систем коммунальной инфраструктуры, таких как освещение, отопление, водоснабжение и канализация. Неправильное качество электроэнергии может привести к неисправности оборудования, снижению производительности, удорожанию эксплуатации и ремонта, а также неполадкам в работе коммунальных услуг [3]. Управление качеством электроэнергии помогает поддерживать надлежащую работу оборудования и гарантировать доступность коммунальных услуг;

- экономические потери. Плохое качество электроэнергии может привести к потере энергии, перегрузке электроустановок и некорректной работе оборудования, что приведет к увеличению расходов на электроэнергию, ремонт и замену оборудования. Управление качеством электроэнергии помогает снизить потери энергии и улучшить

общую энергоэффективность жилищно-коммунального сектора;

- повышение безопасности. Качество электроэнергии имеет прямое влияние на безопасность жизни и здоровья людей. Неправильное качество электроэнергии может привести к возникновению пожаров, поражению электрическим током и другим аварийным ситуациям [4]. Управление качеством электроэнергии помогает предотвратить возможные аварийные ситуации и повысить безопасность пользователей;

- развитие энергетической инфраструктуры. Управление качеством электроэнергии способствует развитию сетей электроснабжения, внедрению новых технологий и оборудования, увеличению энергетической эффективности и повышению устойчивости энергосистемы. Это важно для модернизации жилищно-коммунального сектора и его адаптации к изменяющимся условиям и потребностям.

Важной особенностью управления качеством электроэнергии в данной сфере является необходимость интеграции в работу с различными системами учета, в частности умными счетчиками. Для возможности такой реализации необходимо использование искусственных нейронных сетей (ИНС), представляющих возможность сбора и анализа большого количества параметров в режиме реального времени [5]. В таблице 1 представлены основные особенности и возможности реализации исходной задачи с использованием нейронных сетей.

Все указанные в таблице задачи могут быть решены с использованием нескольких видов нейронных сетей, таких как рекуррентные нейронные сети (RNN), сверточные нейронные сети (CNN) или глубокие нейронные сети (DNN). Важно правильно подобрать архитектуру сети и обучить ее на соответствующих данных для достижения желаемых результатов.

Разработка и интеграция систем управления качеством электроэнергии на основе искусственных нейронных сетей (ИНС) в жилищно-коммунальном хозяйстве имеет ряд особенностей и требует специальных подходов:

- сбор и анализ данных. Для работы ИНС необходимо обеспечить сбор данных о качестве электроэнергии [6]. Для этого могут использоваться специальные датчики, счетчики и другие устройства, которые могут измерять различные параметры электроэнергии, такие как напряжение, ток и другие. Полученные данные собираются и анализируются для обучения ИНС;



Таблица 1. Управление качеством электроэнергии в ЖКХ на основе ИНС

№	Задача	Особенности реализации
1	Прогнозирование нагрузки	Нейронные сети могут использоваться для прогнозирования будущей нагрузки электроэнергии в определенной зоне или для конкретного объекта ЖКХ. Это позволяет эффективнее планировать производство и распределение электроэнергии
2	Детектирование аномалий	Нейронные сети могут быть обучены для обнаружения аномалий в сети, таких как перенапряжение, понижение напряжения или скачки тока. Это помогает оперативно выявлять и устранять проблемы в сети, прежде чем они приведут к аварийным ситуациям
3	Оптимизация работы системы энергоснабжения	Нейронные сети могут использоваться для оптимизации работы систем энергоснабжения ЖКХ, например для определения наиболее эффективного режима работы генераторов, пиковых нагрузок и распределения электроэнергии
4	Прогнозирование возникновения отказов оборудования	Нейронные сети могут быть обучены для прогнозирования возможного отказа оборудования, например трансформаторов или кабельных линий. Это помогает предотвратить непредвиденные простои и снизить затраты на ремонт и замену оборудования
5	Оптимизация энергопотребления	Нейронные сети могут быть использованы для оптимизации энергопотребления в различных объектах ЖКХ, например для контроля работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC) или освещения. Это помогает снизить энергозатраты и повысить энергоэффективность

- обучение ИНС. Искусственная нейронная сеть требует обучения, чтобы научиться распознавать и предсказывать показатели качества электроэнергии. Для обучения используются исторические данные о качестве электроэнергии и соответствующие параметры сети. С помощью алгоритмов машинного обучения ИНС настраивается на определенные паттерны и становится способной предсказывать и реагировать на изменения в электрической сети;

- интеграция в систему управления. Разработанная система управления качеством электроэнергии на основе ИНС должна быть интегрирована в существующую систему управления ЖКХ [7]. Она может быть интегрирована в систему диспетчерского управления, систему мониторинга или другую систему, отвечающую за управление энергопотреблением и качеством электроэнергии в зданиях;

- автоматическое принятие решений. Одной из основных особенностей разработанных систем управления качеством электроэнергии на основе ИНС является возможность автоматического принятия решений. Например, при обнаружении высоких гармоник

в электроэнергии система может автоматически переключиться на альтернативный источник питания или предложить пользователю оптимальные решения для устранения проблемы;

- постоянное обновление и адаптация. Качество электроэнергии может меняться со временем, поэтому разработанные системы управления качеством электроэнергии должны постоянно обновляться и адаптироваться. ИНС могут периодически обучаться на новых данных, чтобы сохранять актуальность предсказаний и принимать во внимание изменения в сети.

Разработка и интеграция систем управления качеством электроэнергии и управления напряжением на основе ИНС в ЖКХ требует специализированных знаний и подходов [8]. Эти системы могут значительно повысить эффективность и качество работы энергосистемы, а также снизить затраты на энергоэффективность и обеспечение работы в ЖКХ.

Итог практической реализации интеграции таких систем на основе ИНС в ЖКХ может обеспечить достижение следующих преимуществ:



- автоматизация контроля и управления качеством электроэнергии позволяет повысить эффективность работы системы ЖКХ и сократить ручной труд, связанный с мониторингом и анализом электроэнергии;

- системы управления качеством электроэнергии на основе искусственных нейронных сетей способны обнаруживать и предотвращать неполадки и неправильное использование электроэнергии, что позволяет улучшить надежность и безопасность системы ЖКХ;

- использование ИНС позволяет проводить анализ больших объемов данных электроэнергии и прогнозировать ее потребление, что помогает оптимизировать работу системы ЖКХ, снизить затраты на энергию и негативное воздействие на окружающую среду;

- ИНС могут автоматически адаптироваться к изменяющимся условиям сети электроэнергии и обеспечивать стабильное качество электроэнергии, а также эффективное управление энергосистемой в режиме реального времени;

- использование ИНС позволяет значительно ускорить процесс распределения электроэнергии, оптимизировать его и снизить потери электроэнергии, что ведет к повышению энергоэффективности и экономии ресурсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Таким образом, основной целью представленной статьи являлось выполнение анализа по особенностям реализации задачи управления качеством электроэнергии и управления напряжением в жилищно-коммунальном хозяйстве. Определен высокий уровень актуальности и необходимости разработки решений по созданию интеллектуальных систем по контролю качества электрической энергии. Особенное внимание было уделено необходимости использования искусственных нейронных сетей при реализации данных задач. Выявлены основные возможности, преимущества и особенности практической реализации систем управления качеством электроэнергии с использованием нейронных сетей. В заключение необходимо отметить, что рассмотренная проблема и вариант ее решения должны стать основным вектором в развитии ЖКХ ввиду возможности достижения целого ряда преимуществ, положительно сказывающихся на экономической эффективности функционирования в данном секторе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларин, С. Н. Повышение качества жилищно-коммунальных услуг на основе инновационной технологии снабжения жилых домов электроэнергией / С. Н. Ларин, Е. Ю. Хрусталев // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2022. – № 5–2 (87). – С. 116–120. – DOI 10.24412/2411-0450-2022-5-2-116-120. – EDN XDTPMZ.
2. Жукова, Ю. А. Современные пути повышения качества жилищных услуг / Ю. А. Жукова // Modern Science. – 2020. – № 2–2. – С. 59–66. – EDN DCGARF.
3. Aminoff A., Sundqvist-Andberg H. Constraints leading to system-level lock-ins – the case of electronic waste management in the circular economy // Journal of Cleaner Production. – Volume 322. – 2021. – Pages 743–792.
4. Исследование способов повышения качества электроэнергии в электрических сетях / А. С. Рысалиев, А. Э. Мамытов, Н. Эсеналиев [и др.] // Наука и инновационные технологии. – 2020. – № 1 (14). – С. 200–208. – DOI 10.33942/011. – EDN EKYADV.
5. Бальзанников, М. И. Целевые показатели развития ЖКХ и качества предоставления коммунальных услуг / М. И. Бальзанников // Вестник Приволжского территориального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2019. – С. 297–303. – EDN HRNAHW.
6. Gesk T.S., Leyer M. Artificial intelligence in public services: When and why citizens accept its usage // Government Information Quarterly. – Volume 39, Issue 3. – 2022. – Pages 1238–1263.
7. Казанина, И. В. Электроснабжение объекта ЖКХ с применением новейших энергосберегающих технологий / И. В. Казанина, А. С. Елеусинов // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2019. – № 12–1 (56). – С. 125–130. – EDN MEGYXW.
8. Мазыгин, А. В. Управление качеством электроэнергии в сети электропитания / А. В. Мазыгин // Вестник научных конференций. – 2019. – № 5–3 (45). – С. 46–48. – EDN PDJUBD.