

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Амурова Наталья Юрьевна

Ташкентский университет информационных технологий имени

Мухаммада аль-Хорезми, Ташкент, Узбекистан

[*amuryonok@list.ru*](mailto:amuryonok@list.ru)

***Аннотация:** Функционирование интеллектуальных энергосетей (Smart Grid) основано на глубокой интеграции передовых информационно-коммуникационных технологий и интеллектуальных систем управления, что обеспечивает формирование высокоэффективной, надежной и адаптивной энергетической инфраструктуры. основополагающими принципами являются адаптивное управление нагрузкой, двусторонний обмен данными между элементами энергосистемы, интеграция распределенных энергетических ресурсов и внедрение передовых цифровых технологий, включая Интернет вещей, искусственный интеллект и блокчейн. Внедрение Smart Grid способствует оптимизации процессов генерации, передачи и распределения электроэнергии, повышению надежности и устойчивости энергосистемы, а также формированию эффективных механизмов взаимодействия с потребителями на основе динамического ценообразования и интеллектуального управления энергопотреблением.*

***Ключевые слова:** умные сети, интеллектуальное управление, распределённые энергетические ресурсы, адаптивные системы, информационно-коммуникационные технологии, энергоэффективность, прогнозирование потребления.*

Введение

Принципы функционирования интеллектуальных энергосетей (Smart Grid) базируются на синергетической интеграции передовых информационно-

коммуникационных технологий и интеллектуальных систем управления, направленных на формирование адаптивной, высокоэффективной и надежной энергетической инфраструктуры. Основные концептуальные аспекты включают адаптивное управление энергопотоками, двусторонний обмен данными между компонентами системы, координацию и интеграцию распределенных энергетических ресурсов, повышение качества электроснабжения, обеспечение устойчивости и гибкости энергосистемы, а также внедрение инновационных цифровых технологий, способствующих оптимизации процессов генерации, распределения и потребления электроэнергии.

Интеллектуальные энергосети представляют собой не только технологическую эволюцию, но и концептуальный сдвиг в развитии электроэнергетики, основанный на децентрализованной и взаимосвязанной архитектуре. Их ключевая задача заключается в повышении управляемости энергосистемы, обеспечении её высокой надежности и адаптивности, а также в интеграции распределенных и возобновляемых источников энергии. Функциональные принципы Smart Grid направлены на динамическую адаптацию энергоснабжения к изменяющимся условиям потребления, прогнозирование и сглаживание пиковых нагрузок, а также оперативное устранение отказов с минимальными временными затратами. Одним из важнейших компонентов данной концепции является развитие инфраструктуры, обеспечивающей двусторонний обмен данными между потребителями, энергогенерирующими мощностями и управляющими центрами. Это способствует эффективному балансированию спроса и предложения, оптимизации использования энергетических ресурсов и снижению углеродного следа за счёт рационального управления энергопотреблением.

Современные достижения в области аналитики больших данных, интернет вещей (IoT) и искусственного интеллекта предоставляют новые возможности для интеграции и автоматизации процессов управления

энергией. Использование блокчейн-технологий открывает перспективы для обеспечения прозрачности и безопасности энергетических транзакций. Важным элементом умных сетей является их способность к самоорганизации и самовосстановлению, что повышает устойчивость системы в условиях чрезвычайных ситуаций. Важнейшими преимуществами умных сетей являются не только снижение операционных затрат и улучшение качества энергоснабжения, но и значительное уменьшение экологического следа за счет эффективного использования возобновляемых источников энергии и внедрения зелёных технологий. Введение в принципы работы умных сетей также подчеркивает их роль в формировании более устойчивых и экономически эффективных энергосистем будущего.

Основная часть

Всестороннее исследование принципов функционирования умных сетей, которые являются основой для создания адаптивных, эффективных и высоконадежных энергетических систем. Умные сети (Smart Grid) представляют собой интеграцию традиционной энергетической инфраструктуры с современными информационно-коммуникационными технологиями (ИКТ) и интеллектуальными системами управления, что позволяет оптимизировать процессы управления энергопотреблением и обеспечивать высокую степень устойчивости и гибкости энергоснабжения. Эти принципы включают в себя несколько ключевых аспектов, которые являются важнейшими элементами работы умных сетей: адаптивное управление, двусторонняя связь, интеграция и координация различных источников энергии, улучшение качества обслуживания и внедрение инновационных технологий.

Адаптивное управление в умных сетях предполагает способность системы оперативно изменять параметры работы в ответ на изменения в спросе и предложении энергии, а также на основе прогнозных данных. Это позволяет эффективно распределять ресурсы и минимизировать избыточное потребление, тем самым повышая экономическую эффективность сети.

Двусторонняя связь между компонентами сети, включая потребителей, генераторов и управляющих систем, предоставляет возможность для динамичного обмена информацией и оперативного реагирования на изменения в энергетических потоках. Интеграция распределённых источников энергии и системы хранения энергии позволяет повысить гибкость сети, снизив зависимость от централизованных источников и способствуя увеличению доли возобновляемых источников энергии в общем энергетическом балансе.

Инновационные технологии, такие как Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI) и блокчейн, значительно повышают эффективность управления умными сетями, обеспечивая более высокую степень автоматизации и прозрачности в процессах мониторинга, анализа и управления.

Таким образом, принципы работы умных сетей являются основой для создания энергоэффективной, устойчивой и экологически безопасной энергетической инфраструктуры, способной эффективно интегрировать различные источники энергии и минимизировать воздействие на окружающую среду.

1. Адаптивное управление в умных сетях предполагает динамическую настройку и оптимизацию работы сети в зависимости от текущих условий и потребностей. Это включает:

- **Динамическое регулирование нагрузки**, системы могут изменять распределение энергии в реальном времени на основе текущего спроса и предложения. Например, при увеличении потребления в определённом районе система может направить дополнительные ресурсы или временно снизить нагрузку в других зонах;

- **Прогнозирование потребления и генерации**, использование данных о потреблении и метеорологических условий для прогнозирования потребностей и генерации энергии. Прогнозирование помогает в планировании и управлении ресурсами, предотвращая дефицит или избыток

энергии;

- **Автоматическое управление распределением**, системы могут автоматически переключаться между различными источниками энергии или маршрутами в случае сбоя или перегрузки, обеспечивая непрерывность электроснабжения.

2. Двусторонняя связь представляет собой ключевой элемент умных сетей, обеспечивающий обмен информацией между различными компонентами сети:

- **Сбор данных в реальном времени**, интеллектуальные измерительные системы и сенсоры собирают данные о потреблении, состоянии оборудования и внешних условиях, которые передаются в управляющие центры для анализа;

- **Передача команд и обновлений**, управляющие центры могут отправлять команды для регулирования работы оборудования, изменения тарифов или проведения технического обслуживания. Двусторонняя связь позволяет мгновенно реагировать на изменения и управлять сетью более эффективно;

- **Интерактивное взаимодействие с потребителями**, потребители могут получать информацию о своём потреблении и изменениях в тарифах, а также иметь возможность участвовать в программах управления спросом, предоставляя обратную связь.

3. Интеграция и координация различных элементов умных сетей обеспечивают их целостность и согласованную работу:

- **Интеграция распределённых источников энергии**, умные сети интегрируют различные источники энергии, включая возобновляемые, такие как солнечные и ветряные электростанции, с центральными электростанциями. Это позволяет использовать источники энергии, которые могут быть недоступны в централизованных системах;

- **Системы хранения энергии**, интеграция аккумуляторных систем и других технологий хранения энергии для сглаживания колебаний в производстве и потреблении. Хранилища энергии могут заряжаться в

периоды низкого спроса и разряжаться в периоды пикового потребления;

- **Координация работы различных систем**, обеспечение взаимодействия между различными компонентами сети, такими как генераторы, трансформаторы, распределительные устройства и системы управления.

4. Улучшение качества обслуживания связано с повышением эффективности работы сети и уровнем обслуживания потребителей:

- **Снижение времени простоя**, автоматизация процессов диагностики и восстановления позволяет быстро реагировать на сбои и минимизировать время отключений. Это включает в себя использование интеллектуальных переключателей и систем самовосстановления;

- **Оптимизация тарифов**, реализация динамического ценообразования на основе текущего спроса и предложения. Это позволяет потребителям управлять своими расходами и стимулирует снижение потребления в пиковые часы;

- **Повышение надёжности и устойчивости**, постоянный мониторинг и анализ состояния сети позволяет предсказывать потенциальные проблемы и предотвращать аварии до их возникновения.

5. Устойчивость и гибкость умных сетей обеспечивают их способность адаптироваться к изменениям и выдерживать внешние воздействия.

- **Устойчивость к сбоям**, умные сети проектируются с учётом возможности быстрого восстановления после аварий. Это включает в себя резервирование ключевых компонентов и использование распределённых источников энергии;

- **Гибкость в управлении ресурсами**, возможность легко настраивать и оптимизировать работу сети в зависимости от изменений в спросе, генерации и внешних условиях. Это включает в себя использование адаптивных алгоритмов и машинного обучения;

- **Адаптация к изменениям**, способность сети к интеграции новых

технологий и источников энергии без значительных изменений в её инфраструктуре.

6. Инновационные технологии способствуют повышению эффективности и возможностей умных сетей.

- **Интернет вещей (IoT)** для мониторинга и управления сетевыми компонентами, что позволяет собирать и анализировать данные о состоянии сети в реальном времени;

- **Искусственный интеллект (AI)** для анализа больших данных, прогнозирования и автоматизации управления. AI может использоваться для оптимизации распределения энергии, предсказания неисправностей и улучшения взаимодействия с потребителями.

- **Блокчейн** может использоваться для обеспечения прозрачности и безопасности энергетических транзакций, а также для управления дистрибуцией возобновляемых источников энергии и торговли энергией.

В результате, принципы работы умных сетей основываются на создании динамичной, интегрированной и адаптивной энергетической инфраструктуры, которая способна эффективно управлять ресурсами, повышать надёжность и устойчивость, а также интегрировать передовые технологии для улучшения качества обслуживания и взаимодействия с потребителями.

В умных сетях множество программ и систем выполняют различные функции для обеспечения эффективного управления, мониторинга и оптимизации энергетической инфраструктуры. Эти программы можно сгруппировать по нескольким ключевым областям:

1. Программы управления энергией (Energy Management Systems, EMS) - анализ потребления и генерации, управление нагрузкой.

2. Программы для интеллектуальных измерительных систем (Smart Metering Systems) - сбор и передача данных (поддерживают различные протоколы связи, такие как Zigbee, Wi-Fi или LTE), анализ данных потребления, выявлении аномалий, таких как утечки энергии или

мошенничество с показаниями.

3. Программы управления распределением (Distribution Management Systems, DMS) - мониторинг и управление распределительными сетями (автоматического переключения нагрузки и восстановления после сбоев), моделирование и оптимизация (прогнозировать нагрузки и сбои).

4. Программы управления ресурсами (Resource Management Systems) - интеграция распределённых энергетических ресурсов (DER): (управляют распределёнными источниками энергии, солнечные панели и ветряные турбины), управление системами хранения энергии (оптимизируют процесс зарядки и разрядки аккумуляторов).

5. Программы управления надёжностью и безопасностью (Reliability and Security Management Systems) - анализ и реагирование на сбои (мониторят состояние сети), кибербезопасность (предотвращения вторжений, шифрование данных).

6. Программы управления взаимодействием с потребителями (Customer Engagement Systems) - динамическое ценообразование, интерактивные платформы для потребителей

7. Программы для анализа больших данных и искусственного интеллекта (Big Data and AI Systems) - анализ данных и прогнозирование и оптимизация

8. Программы для работы с блокчейном (Blockchain Systems) - управление энергетическими транзакциями, обеспечение прозрачности и безопасности транзакций в умных сетях, продажа избыточной энергии или заключение контрактов на энергоснабжение.

Эти программы и системы работают в связке друг с другом, создавая интегрированную и эффективную среду управления умными сетями. Они обеспечивают мониторинг, управление и оптимизацию всех аспектов энергетической инфраструктуры, что позволяет улучшать её производительность, надёжность и устойчивость.

Заключение

Принципы работы умных сетей (Smart Grid) представляют собой основу для модернизации энергетических систем в условиях современного технологического прогресса. Эти принципы заключаются в интеграции информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и интеллектуальных систем управления, что способствует созданию более гибкой, адаптивной и эффективной инфраструктуры, способной реагировать на изменения в спросе и предложении энергии. Умные сети значительно повышают надежность и устойчивость энергоснабжения, минимизируют операционные затраты и обеспечивают внедрение возобновляемых источников энергии.

Ключевыми компонентами умных сетей являются адаптивное управление, двусторонняя связь и интеграция распределенных энергетических ресурсов. Адаптивное управление позволяет в реальном времени корректировать работу сети в зависимости от изменений в потреблении и генерации, обеспечивая динамическую оптимизацию потоков энергии. Двусторонняя связь между компонентами сети и конечными пользователями позволяет не только мониторить состояния сети, но и оперативно управлять энергетическими ресурсами. Интеграция различных источников энергии, включая солнечные и ветряные электростанции, дает возможность использовать распределенные и возобновляемые источники, что существенно улучшает экологическую устойчивость энергетической инфраструктуры.

Кроме того, внедрение инновационных технологий, таких как Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI) и блокчейн, представляет собой важный шаг в развитии умных сетей. Эти технологии обеспечивают эффективный мониторинг и прогнозирование энергопотребления, автоматизируют процессы управления и повышают уровень безопасности и прозрачности энергетических транзакций. Использование AI для прогнозирования и оптимизации работы сети, а также блокчейн для управления энергетическими транзакциями, открывает новые горизонты для

повышения эффективности и обеспечения надежности в умных сетях.

Применение этих технологий в рамках умных сетей способствует не только улучшению качества обслуживания конечных потребителей, но и оптимизации работы всей энергетической инфраструктуры. Роль таких сетей заключается не только в повышении экономической эффективности, но и в решении экологических задач, таких как снижение углеродных выбросов и улучшение качества использования возобновляемых источников энергии.

Принципиальные положения и технологии, лежащие в основе умных сетей, представляют собой неотъемлемую часть перехода к устойчивым и экологически чистым энергетическим системам. В дальнейшем развитие этих технологий, их интеграция и расширение применения в реальной практике будут способствовать созданию высокоэффективных, устойчивых и экологически безопасных энергетических инфраструктур, что станет важным вкладом в достижение целей устойчивого развития и перехода к зеленой энергетике на глобальном уровне.

Литература

1. Modelling and research of harmonic components of current and voltage in electric nets / Ye. Borisova, N. Amurova, F. Kodirov, S. Abdullayeva // *Universum: технические науки*. – 2022. – No. 2-7(95). – P. 63-67. – DOI 10.32743/UniTech.2022.95.2.13134. – EDN ASWAXJ.

2. Амурова Н. Ю. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ SMART GRID // ББК 22.3 А 43. – 2019. – С. 17.

3. Амурова, Н. Ю. Тенденции оценки энергоснабжения в Узбекистане с применением ВИЭ на основе концепции Smart Grid / Н. Ю. Амурова // *Высшая школа*. – 2017. – № 4. – С. 90-91. – EDN XYEКТТ.

4. Амурова Наталья Юрьевна. (2024). ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF SOLAR PANELS IN URBANIZED AREAS: AN ANALYSIS OF BENEFITS AND CHALLENGES. *Web of Discoveries: Journal of Analysis and Inventions*, 2(3), 115–120. Retrieved from

<https://webofjournals.com/index.php/3/article/view/1043>

5. Yurievna A. N. A MODEL FOR THE FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCE OF SPECIALISTS IN ENERGY AND POWER SUPPLY IN THE FIELD OF INFORMATION TECHNOLOGY BASED ON DESIGN AND CREATIVE TRAINING //International Journal of Education, Social Science & Humanities. FARS Publishers. – 2023. – T. 11. – №. 3. – C. 71-77.