

## ИНТЕГРАЦИЯ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ И РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

*Амурова Наталья Юрьевна*

*Ташкентский университет информационных технологий имени  
Мухаммада аль-Хорезми, Ташкент, Узбекистан*

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

*Аннотация: Принципы функционирования умных сетей (Smart Grid) основываются на интеграции современных информационно-коммуникационных технологий и интеллектуальных систем управления, что позволяет создать более эффективную, надежную и адаптивную энергетическую инфраструктуру. Эти принципы включают адаптивное управление нагрузкой, двустороннюю связь между компонентами сети, интеграцию распределенных энергетических ресурсов и использование инновационных технологий, таких как Интернет вещей, искусственный интеллект и блокчейн. Умные сети обеспечивают оптимизацию распределения энергии, повышение надежности и устойчивости, а также эффективное взаимодействие с потребителями через систему динамического ценообразования и программы управления энергопотреблением.*

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

### **Введение**

Принципы работы умных сетей (Smart Grid) основаны на интеграции современных информационно-коммуникационных технологий и



интеллектуальных систем управления для создания более адаптивной, эффективной и надежной энергетической инфраструктуры. Эти принципы можно рассмотреть через несколько ключевых аспектов, таких как адаптивное управление, двусторонняя связь, интеграция и координация, улучшение качества обслуживания, устойчивость и гибкость, и инновационные технологии.

Умные сети представляют собой не только технологическое, но и концептуальное преобразование в энергетике, основанное на взаимосвязанной и децентрализованной структуре. Их основная цель - улучшение управляемости энергетической системы, повышение её надежности, а также способность интегрировать возобновляемые и распределенные энергетические ресурсы. Принципы работы умных сетей позволяют адаптировать энергоснабжение к изменяющимся условиям потребления, прогнозировать пиковые нагрузки и устранять сбои с минимальными временными затратами. Важнейшим аспектом является развитие инфраструктуры, поддерживающей двустороннюю коммуникацию между потребителями, поставщиками энергии и управленческими центрами. Это, в свою очередь, способствует динамическому регулированию спроса и предложения, стимулируя эффективное использование энергетических ресурсов и снижение выбросов углекислого газа.

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 сбой).

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.

### Заклучение

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 надёжность 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 ХУЕКТТ.



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. – С. 71-77.

