

## СТРУКТУРА И КОМПОНЕНТЫ ПОДСИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКА, ТРАНСПОРТ «УМНОГО ГОРОДА»

*Громов В.А., Кучеров С.В.  
гр. 267041*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Вишняков В.А. – доктор технических наук, профессор кафедры ИКТ*

**Аннотация.** В материалах доклада рассматривается структура и компоненты подсистем энергетики и транспорта комплекса «Умный город». Рассматривается переход от традиционной централизованной генерации энергии к децентрализованной. Рассматриваются компоненты подсистемы транспорт комплекса «Умный город», в основе которой находится интеллектуальная транспортная система.

**Ключевые слова:** «Умный город», энергетика, возобновляемые источники энергии, умные счетчики, интеллектуальные сети, CitySys, платформа IoT, интеллектуальная транспортная система.

**Введение.** Понятие «Умный город» (УГ) можно определить как «...применение информационно-коммуникационных технологий с их воздействием на человеческий капитал/образование, социальный и реляционный капитал и экологические проблемы» [1]. Важными подсистемами УГ являются транспортная и энергетики [2]. Рассмотрим их более подробно.

**Подсистема энергетики.** Подсистема энергетики играет ключевую роль в обеспечении

энергии для всех умных технологий и инфраструктуры в городе. Выделим основные компоненты этой подсистемы, а также их покажем их взаимосвязь.

Один из компонентов подсистемы энергетики – центральная система управления энергетикой (ЦСУЭ), которая отвечает за координацию и мониторинг энергетических потоков в городе, обеспечивает оптимальное распределение и использование ресурсов энергии. Она осуществляет также управление нагрузками и резервными источниками энергии, чтобы обеспечить стабильность и надежность подсистемы энергетики.

Другим важным компонентом в структуре подсистемы энергетики УГ являются интеллектуальные сети энергоснабжения (ИСЭ). ИСЭ используют передовые технологии связи и управления для обеспечения двусторонней коммуникации между потребителями энергии и сетевыми операторами. Это позволяет оптимизировать расход энергии, снизить потери и обеспечить эффективную интеграцию возобновляемых источников энергии.

Ещё одним компонентом является распределенная генерация и хранение энергии. В УГ стремятся увеличить долю распределенной генерации энергии и использовать различные источники, включая солнечную и ветровую энергию. Это позволяет снизить зависимость от традиционных источников энергии и уменьшить выбросы парниковых газов. Системы хранения энергии, такие как аккумуляторы и батареи, используются для сохранения избыточной энергии и обеспечения устойчивости снабжения в периоды пиковой нагрузки.

Умные счетчики позволяют потребителям отслеживать и контролировать свое энергопотребление в режиме реального времени. Они также обеспечивают возможность динамического тарифицирования, что способствует энергоэффективности и стимулирует потребителей к снижению своего энергопотребления.

«Smart grid» – концепция для модернизации энергетических систем путем интегрирования электрической и информационной технологий. Интеграция охватывает всю систему, начиная с производства, передачи и распределения до потребления (рис. 1). На низковольтном уровне такое решение часто называется «Microgrid».



Рис. 1 – Графическое изображение топологии «умных» сетей.

С помощью распределенного интеллекта и информационно-коммуникационной технологии (ICT), а также распределенных интеллектуальных устройств (IUD) можно увеличить эффективность электроснабжения в местных электросетях или даже на уровне магистральной сети. Состояние подсистемы постоянно анализируется, производится контроль в онлайн-режиме на основании полученной информации. Подсистема оборудована управляемыми интеллектуальными устройствами, которые автоматически поддерживают баланс между поставкой и потреблением для обеспечения высокого качества электроэнергии и улучшения надежности и работоспособности.

Интеллектуальным сетям присущи следующие атрибуты [3]:

- способность к самовосстановлению после сбоев в подаче электроэнергии;
- возможность активного участия в работе сети потребителей;
- устойчивость сети к физическому и виртуальному вмешательству злоумышленников;
- обеспечение требуемого качества передаваемой электроэнергии;
- обеспечение синхронной работы источников генерации и узлов хранения электроэнергии;
- появление новых высокотехнологичных продуктов;
- повышение эффективности работы энергосистемы в целом.

Подсистему «Smart Grid» можно описать такими аспектами функционирования [4]:

1. **Гибкость**, сеть подстраивается под нужды потребителей электроэнергии.
2. **Доступность**, сеть доступна для новых пользователей.
3. **Надёжность**, сеть гарантирует защищённость и качество электроэнергии.
4. **Экономичность**, эффективное управление и регулирование функционалом сети.

Пока электрические сети строятся по иерархическому принципу (генератор, магистральные линии, далее распределительные сети, городские сети и потребители). В большинстве случаев они состоят из радиальных линий с односторонним потоком энергии. Лишь в некоторых случаях электрические сети закольцованы. Присутствуют системы релейной защиты и диспетчерского контроля.

Подсистема «Smart Grid» предлагает новый принцип построения, в основе которой генератор, проводящая конструкция (линия) и потребитель, но он участвует в генерации и перераспределении энергии. Дефицит и стоимость органических видов топлива стимулирует развитие альтернативных источников электроэнергии. Генерирующие мощности в умной системе электроснабжения будут больше распределёнными, чем концентрированными, как сейчас (рис. 2). Особенностью таких источников является их относительно небольшая мощность и нестабильность параметров генерируемой мощности. Очевидно, что для стабилизации параметров таких источников и их автоматической синхронизации с сетью необходимо использовать интеллектуальные управляющие устройства.

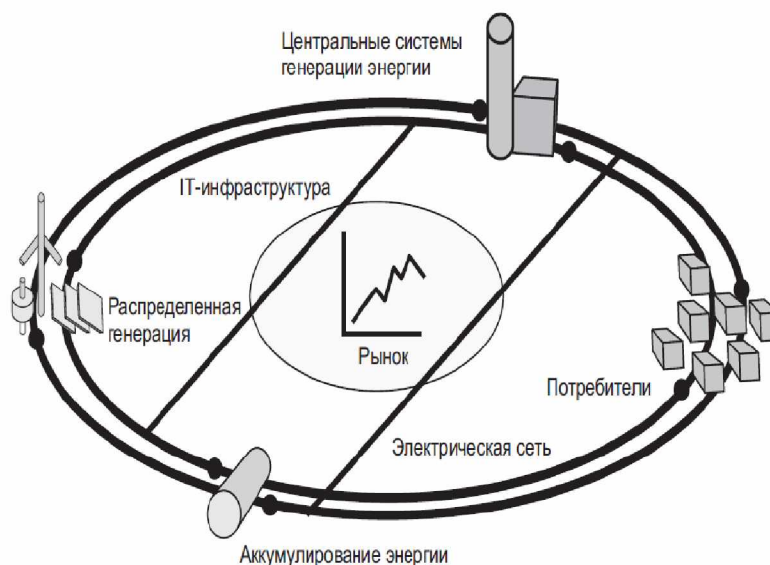


Рис. 2 – Наглядное изображение взаимосвязей в «умных» сетях

Будущая сеть уже не будет иметь иерархическую структуру и крупные потребители будут в ней перемешаны с большим количеством относительно маломощных источников энергии, а также и мощных единичных станций, регуляторов напряжения, компенсаторов реактивной мощности (рис. 3).



Смена парадигмы:  
от централизованного к децентрализованному энергоснабжению

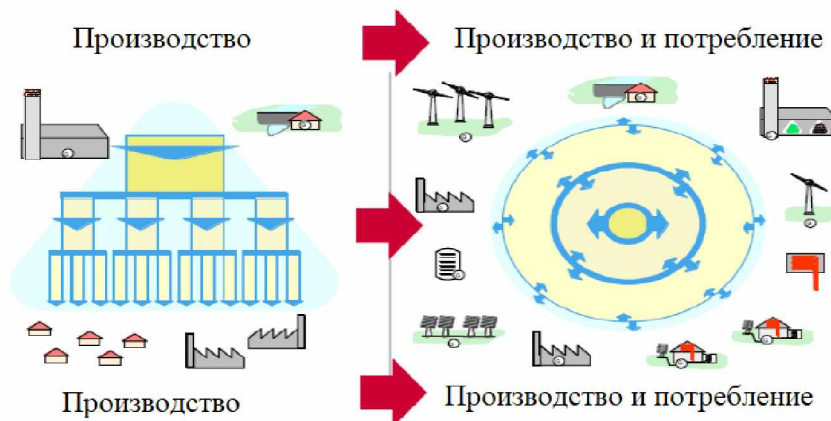


Рис. 3 – Изображение перехода от традиционной централизованной генерации к децентрализованной с потреблением

Перетоки мощности по такой сети не будут строго детерминированными. Такая сложная неструктурированная сеть должна иметь интеллектуальную управляющую систему, согласовывающую между собой работу всех многочисленных компонентов сети. Для этого все компоненты сети должны «общаться» друг с другом и с управляющим центром по специальным коммуникационным сетям.

Для надежного функционирования такой сложной подсистемы, количество отдельных многофункциональных модулей, обрабатывающих информацию, должно быть сокращено до минимума. Информация от многочисленных компонентов «Smart Grid» должна поступать по сети на мощные серверы, обрабатываться ими, и пересылаться по сети на исполнительные элементы. Вся основная функциональность системы должна обеспечиваться на аппаратно-программном уровне.

В концепции «Smart Grid» релейная защита должна быть совмещена с функциями информационно-измерительной системы. Причиной является то, что, микропроцессорные устройства релейной защиты производят измерения токов, напряжений в векторной форме. Они записывают и накапливают информацию об аварийных режимах и собственных срабатываниях. Эта информация может быть напрямую использована в будущих контрольно-информационно-измерительных узлах «Smart Grid», в которых релейной защите будут приданы дополнительные функции измерений, мониторинга и диагностики электрооборудования энергосистем. Идея «Smart Grid» реально стимулируется со стороны органов власти развитых стран. Она пока несамоокупаема и не будет самоокупаемой в ближайшем будущем. Однако таким путем, форсируется развитие «умных» технологий.

*Транспортная подсистема. Важное значение в составе УГ отдается транспорту, подсистемы транспорта и энергетики тесно связаны друг с другом. Без развитой энергетической структуры формирование структуры умного транспорта было бы невозможно. Формирование подсистемы транспорта УГ основывается на интеллектуальной транспортной системе (ИТС) [5]. Это подразумевает интеграцию оперативного управления всеми видами транспорта и способностью реакции на события в режиме реального времени. Большое значение имеет то, что транспортная подсистема является составной частью всей системы «Умный город», и поэтому должна располагать доступными для пользователей интерфейсами.*

Для организации такой подсистемы в УГ должен быть создан единый центр управления ИТС, куда в онлайн-режиме будут передаваться данные с детекторов мониторинга транспортных потоков и дорожная обстановка с фото и видеокamer. Созданная система обязательно должна фиксировать скорость потока, наличие и количество автомобилей и общественного транспорта, учитывать погодные условия и состояние трассы. При возникновении ДТП система должна

предупреждать всех участников движения о затруднениях движения на дороге и подсказывать пути объезда. Режимы работы светофоров должны меняться в зависимости от загруженности соседних перекрестков. При действии описанной подсистемы появится возможность координировать потоки в случае заторов, отменять непопулярные маршруты и назначать новые.

Сформированная ИТС на дорогах представляет собой целый комплекс функционального оборудования, которое осуществляет сбор информации, управление транспортным потоком и информирование участников дорожного движения. Ожидаемого результата от системы можно достичь только при условии оснащения системы необходимым оборудованием и его комплексной работе можно добиться существенного улучшения ситуации на дорогах в мегаполисах [5].

Благодаря комплексному взаимодействию система позволяет одному узлу управлять десятью или даже сотнями тысяч устройств. Платформа IoT умного города содержит настраиваемые виджеты (рис. 4), механизм обработки правил и систему подключаемых модулей, которые фактически делают платформу расширяемой.



Рис. 4 – Платформа IoT настраиваемые виджеты

Общий поток данных (BigData) в умном городе обеспечивается множеством различных датчиков, отслеживающих самые разные параметры: датчики движения, датчики дорожного движения, детекторы заполнения парковочных мест, погодные станции, датчики управления отходами, датчики шума, камеры CCTV и кнопки экстренного вызова.

Представленная на рис. 5 платформа УГ CitySys представляет собой открытую платформу, объединяющую в себе множество приложений для организации подсистем. Сбор данных, передача и оценка выполняются комплексной системой управления CitySys, реализованной на платформе ThingsBoard IoT в рамках стандарта открытого исходного кода (ОПС) [6].



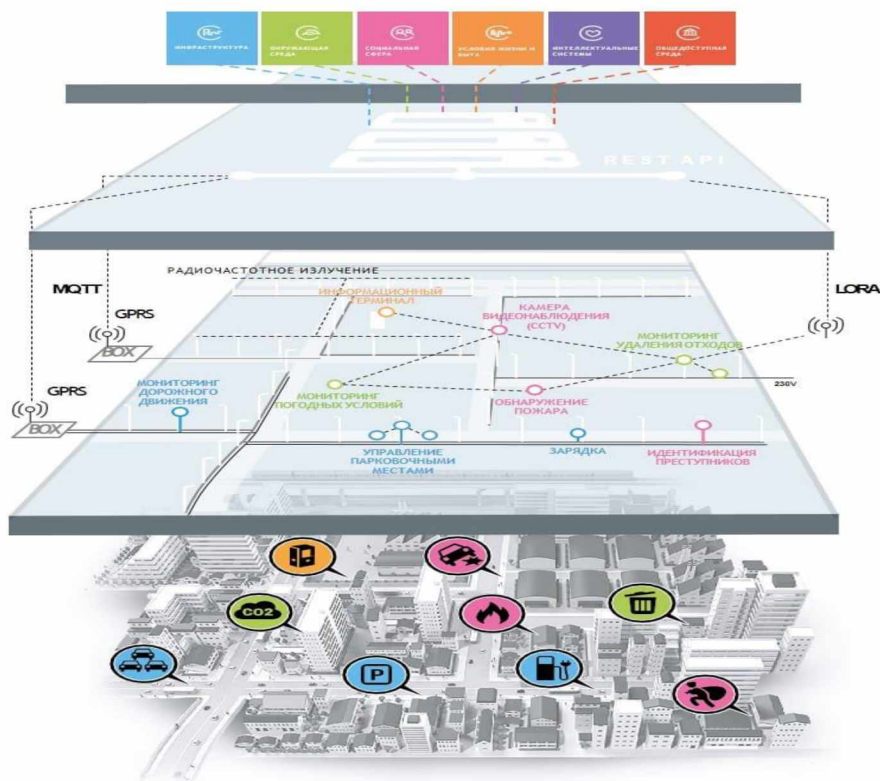


Рис. 5 – Платформа Умный город CitySys

Взаимодействие информации данной платформы с открытым исходным кодом – это серия сертификаций и спецификаций от разработчиков программного обеспечения, формирующих интерфейс между пользователями и серверами, осуществляя доступ к данным в реальном времени, постоянный мониторинг аварийных сигналов и событий, доступ к архивным данным и другие области применения. Его программные и аппаратные компоненты осуществляют прямую связь через стандартные интерфейсы и протоколы: Powerline, Bluetooth, KNX, Z-Wave, ModBus RTU/TCP, BACnet IP, EnOcean, DMX, M-Bus, GSM.

IoT платформа CitySys имеет структуру с горизонтальной масштабируемостью и создается с использованием преимущественно технологий с открытым исходным кодом [6]. Благодаря схожести каждого узла кластера, платформа является очень надежной. Надежность и высокая эффективность являются действительно самыми важными преимуществами платформы.

CitySys позволяет напрямую управлять освещением различными способами [6]:

- использование удаленной коммутации силовых контакторов за счет функций системных кнопок;
- использование автоматической коммутации силовых контакторов за счет предустановленных профилей коммутации;
- применение профилей регулирования освещения для автоматической регулировки с использованием «умных» фонарей;
- ручная регулировка фонарей, которая возможна за счет функций системных кнопок, а также регулировка отдельных фонарей, групп фонарей или выбранных фонарей с помощью карты.

Система управления CitySys предоставляет множество функций, а также отображает состояние каждого устройства, управляемого платформой. Пользователь может просмотреть перечень электрических распределительных коробок со значениями их токов, отфильтровать и отобразить необходимые сведения. Особенно полезен информационный компонент о событиях и повреждениях, предлагающий быстрый просмотр записей о потреблении электроэнергии.

**Заключение.** В условиях новых вызовов энергетика находится на этапе смены структурно-

технологической парадигмы. Переход к новым структурам в виде интегрированных интеллектуальных энергетических систем, объединяющих самоорганизующиеся системы электро-, тепло-, хладо-, газоснабжения и др., построенных по мультиагентному принципу обеспечит новый импульс развития энергетики, обеспечивающий удовлетворение возрастающих требований потребителей.

В связи с увеличением количества транспортных средств в мегаполисах остро встает проблема средней скорости движения и загруженности дорог. Многие города мира не первый год стоят в пробках, но лишь немногие из них смогли развязать этот «транспортный узел». Не всегда есть возможность построить новую дорогу или расширить существующую магистраль, поэтому решать проблему загруженных дорог необходимо с помощью современных технологий. Интеллектуальные транспортные системы призваны помочь в этом вопросе за счет эффективного управления светофорными объектами, средствами регулирования и мониторинга дорожного трафика, системами информирования участников движения о ситуации на дорогах и т. д.

### Список литературы

1. Ibino V., Berardi U., Dangelico R.M. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives // *Journal of Urban Technology*. 2015. Vol. 22(1). P. 1–18.
2. Подход к построению подсистем умного города / В. А. Вишняков [и др.] // Технологии передачи и обработки информации : материалы Международного научно-технического семинара, Минск, март-апрель 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол.: В. Ю. Цветков [и др.]. – Минск, 2023. – С. 45–49.
3. Куанашиканов Ш. Различные подходы к организации технологии «SMART GRID» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf11\\_energo\\_124.pdf](https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf11_energo_124.pdf) - Дата доступа: 05.12.2023.
4. «Smart Grid» - новая идея или логичное развитие систем электроснабжения? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://consystems.ru/smart-grid-novaya-ideya-ili-logichnoe-razvitie-sistem> - Дата доступа: 04.12.2023.
5. Центр 2М. Интеллектуальные транспортные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://center2m.ru/intellektualnye-transportnye-sistemy> - Дата доступа: 21.02.2023.
6. INTELVISION. IoT платформа Умный город CitySys [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intelvision.ru/products/platforma-umnyi-gorod> - Дата доступа: 21.02.2023.

UDC 330.344.24

## STRUCTURE AND COMPONENTS OF THE «SMART CITY» ENERGY, TRANSPORT SUBSYSTEMS

Gromov U.A., Kucherov S.V.  
gr. 267041

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*  
Vishniakou U.A. – Dr. of Sci. (Tech.), professor at the department of ICT

**Annotation.** The materials of the report consider the structure and components of the energy and transport subsystems of the «Smart City» complex. The transition from traditional centralized energy generation to decentralized is considered. The components of the transport subsystem of "Smart City" are considered, which is based on an intelligent transport system.

**Keywords:** «Smart City», energy, renewable energy sources, smart meters, smart grids, CitySys, IoT platform, intelligent transport system.