

УДК 004.77

Лунтовский А. О., д.т.н. (Беруфсакадемия, г. Дрезден, Германия)

Семенко А. И., д.т.н.; Губанков С. В., студент

(Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев, Украина. +380 (50) 385 20 36. setel@ukr.net)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ SMART GRID ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСЕТЕЙ

Лунтовський А. О., Семенко А. І., Губанков С. В. Використання технології SMART GRID для підвищення ефективності енергомереж. Показані особливості застосування технології SMART GRID в сучасних енергомережах. Описані можливості споживачів і власників енергомереж оптимально планувати і формувати витрати на експлуатацію і розвиток генеруючих і розподільних мереж. Приведена концептуальна модель системи SMART GRID, яка здійснює постійний моніторинг стану всіх учасників мережі за допомогою інтелектуальних лічильників. Інтелектуальні лічильники детально визначають показники споживання, дозволяють вимірювати параметри імпульсних перенапружень і гармонійних спотворень, що дозволяє діагностувати проблеми якості електроенергії. Показується необхідність використання технології SMART GRID для підвищення ефективності функціонування енергомереж, підвищення їх безпеки, зниження енерговитрат і зменшення впливу енергосистем на екологію середовища.

**Ключові слова:** енергомережа, інформаційна мережа, технологія SMART GRID, інтелектуальний лічильник, ефективність, якості електроенергії, безпека мережі, екологія, інтелектуальний датчик

Лунтовский А. О., Семенко А. И., Губанков С. В. Использование технологии SMART GRID для повышения эффективности энергосетей. Показаны особенности применения технологии SMART GRID в современных энергосетях. Описаны возможности потребителей и владельцев энергосетей оптимально планировать и формировать затраты на эксплуатацию и развитие генерирующих и распределительных сетей. Приведена концептуальную модель системы SMART GRID, осуществляющей постоянный мониторинг состояния всех участников сети посредством интеллектуальных счетчиков. Интеллектуальные счетчики детально определяют показатели потребления, позволяют измерять параметры импульсных перенапряжений и гармонических искажений, что позволяет диагностировать проблемы качества электроэнергии. Показывается необходимость использования технологии SMART GRID для повышения эффективности функционирования энергосетей, повышения их безопасности, снижения энергозатрат и уменьшения влияния энергосистем на экологию среды.

**Ключевые слова:** энергосеть, информационная сеть, технология SMART GRID, интеллектуальный счетчик, эффективность, качества электроэнергии, безопасность сети, экология, интеллектуальный датчик

Luntovskiy A. O., Semenko A. I., Gubankov S. V. Using SMART GRID technology for increasing power grid efficiency. This research reviewing the features of using Smart Grid technology in modern power grids are reviewed. Described the capabilities of consumers and owners of power grid to optimally plan and build costs for operation and development of generation and distribution networks. In research is shown a conceptual model of the system SMART GRID which is performing constant monitoring of all network members through smart meters. Smart meters determine in detail the consumption figures allow to measure the parameters of surge voltages and harmonic distortion that allows you to diagnose power quality problems. Also is shown the necessity of using SMART GRID technology to improve the efficiency of the power grids, to increase their safety, reduce power inputs and reduce the impact of power systems on the ecology.

**Keywords:** power grid, smart grid, informational grid, technology SMART GRID, smart meter, efficiency, power quality, power reliability, ecology, smart meter

В современном мире чрезвычайно важной задачей является энергообеспечение жизнедеятельности всего человечества. Только информационные технологии потребляют значительную долю электроэнергии – около 1,5 тыс. тераватт-часов электроэнергии в год, это почти 10% от всей энергии, потребляемой человечеством.

Основным источником энергии на планете, в силу его дешевизны, по-прежнему остается уголь, который является самым “грязным” из всех главных источников энергии. Кроме того современные энергосистемы потребляют большое количество нефтепродуктов и ядерных материалов. При сжигании угля и нефтепродуктов атмосфера особенно сильно загрязняется продуктами CO<sub>2</sub>, вызывающими парниковый эффект на Земле.

Обеспечение энергией жизнедеятельности человечества приводит к быстрому истощению природных ресурсов и загрязнению окружающей среды.

Действующую электроэнергетическую систему можно охарактеризовать как пассивную и централизованную, особенно в части последней цепочки – от распределительных сетей до потребителей.

Сами распределительные сети в большинстве случаев не обладают полной информацией об электропотреблении в реальном масштабе времени. Существующая система контроля и учета электроэнергии является пассивной и однонаправленной. Сети в виде энергосбытовых организаций узнают о потреблении электроэнергии только в моменты ежемесячных коммерческих взаиморасчетов. Потребители платят по фиксированным централизованным тарифам, распространяющимся на целые районы и города. Никакой обратной связи, с точки зрения информации о состоянии энергопотребления и возможности взаимодействия, тем более в режиме реального времени, у потребителей и централизованных производителей энергии на сегодняшний день нет.

Для потребителя такая схема является крайне уязвимой с точки зрения надежности функционирования сети в условиях дефицита мощности и высоких требований, поскольку не может оперативно выявлять проблемы и реагировать на них, особенно если потребителями являются крупные предприятия, районы, города. При этом может создаваться критическая ситуация для крупнейших мегаполисов с централизованной схемой электроснабжения.

Важно отметить, что существующая схема с точки зрения энергоснабжения является полностью однонаправленной – потребитель лишь получает электрическую энергию.

В последнее время, как дальнейшее развитие энергосети, появилась технология SMART GRID, которая интегрирует в единый комплекс сети энергоснабжения и компьютерные телекоммуникационные сети, основанные на системах передачи информации. Главная задача технологии состоит в обеспечении мониторинга и оптимизации расхода энергоресурсов, а также повышения безопасности функционирования энергосетей.

Технология SMART GRID наиболее существенно изменяет принципы функционирования энергосетей, предлагая новые решения активного и децентрализованного взаимодействия.

На Рис. 1 приведена сетевая архитектура системы SMART GRID.



Рис. 1. Сетевая архитектура системы SMART GRID

Стандартизація структури відкритих мереж SMART GRID являється сьогодні одним із пріоритетів розвитку, як енергетики, так і телекомунікаційної галузі в США і Європі. Очікується, що впровадження технологій SMART GRID приведе до економічного використання існуючих джерел енергії, зменшенню емісії CO<sub>2</sub> в межах Киотського протоколу, децентралізації мережі (принцип Інтернет) і до підвищенню її ефективності при використанні альтернативних і відновлюваних джерел електроенергії (вітер, solar, ЕМ-смог), оптимізації методів мережевого менеджменту і билінгу послуг (**Smart Metering**).

Самий головний ефект застосування технологій SMART GRID досягається за рахунок зменшення кількості і потужностей генеруючих елементів мережі, що веде до зменшення викиду вуглекислого газу в атмосферу.

Потребителі мають точну інформацію про вартість і можуть оптимізувати свої витрати на електричну енергію. Бізнес, в свою чергу, може оптимально планувати і формувати витрати на експлуатацію і розвиток генеруючих і розподільчих мереж (Рис. 2).

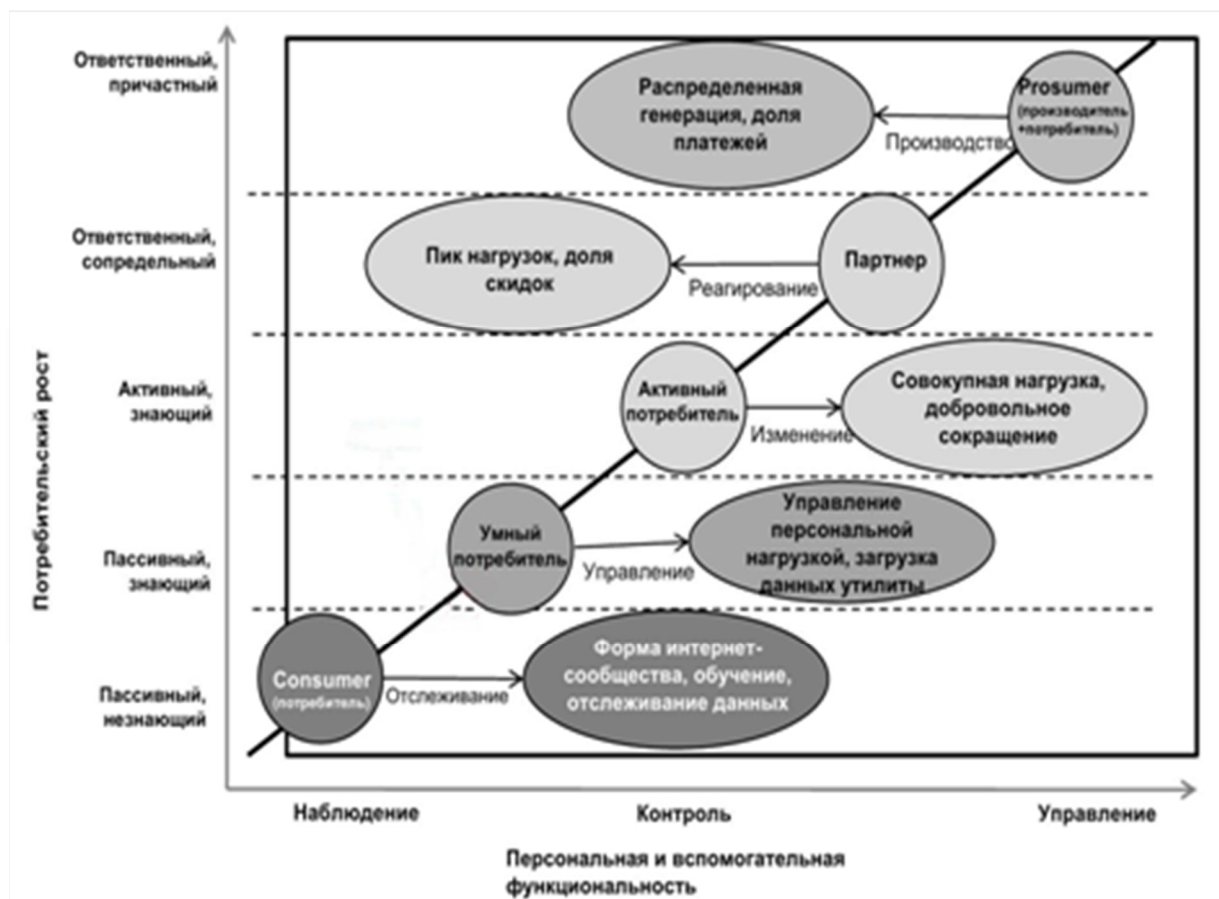


Рис. 2. Схема участія споживачів в організації роботи мережі електроживлення

Сучасні споживачі, використовуючі комп'ютерні телекомунікаційні системи для передачі інформації в мережі Smart Grid, можуть автоматично вибрати режим роботи найбільш енергозатратного обладнання впродовж тижня, з точністю до години, з урахуванням оптимального комерційного тарифу, інформація про який була доставлена з місцевої енергосбытовой компанії. Відповідно, енергосбытовая компанія, маючи поточні дані про плануване енергопотребление окремих споживачів, може оптимально сконфігурувати свої потужності, наприклад, використовуючи акумулятори електроенергії і активні розподільчі пристрої, придбати необхідну

електроенергію у мережевого постачальника по оптимальним тарифам и т.д. Вся цепочка постоянно обмінюється інформацією, которая активно використовується управляючими елементами для забезпечення сбалансованного графіка потреби/генерації и безпечної трансформації и передачі електроенергії.

Начальний генеруючий елемент ланки замість постійної генерації максимального кількості електричної енергії видає оптимальну потужність в відповідності с реальним балансом потужності/потреби енергетическої системи в текущий момент часу. В итоге можно представить себе концептуальную модель системы SMART GRID (Рис. 3).

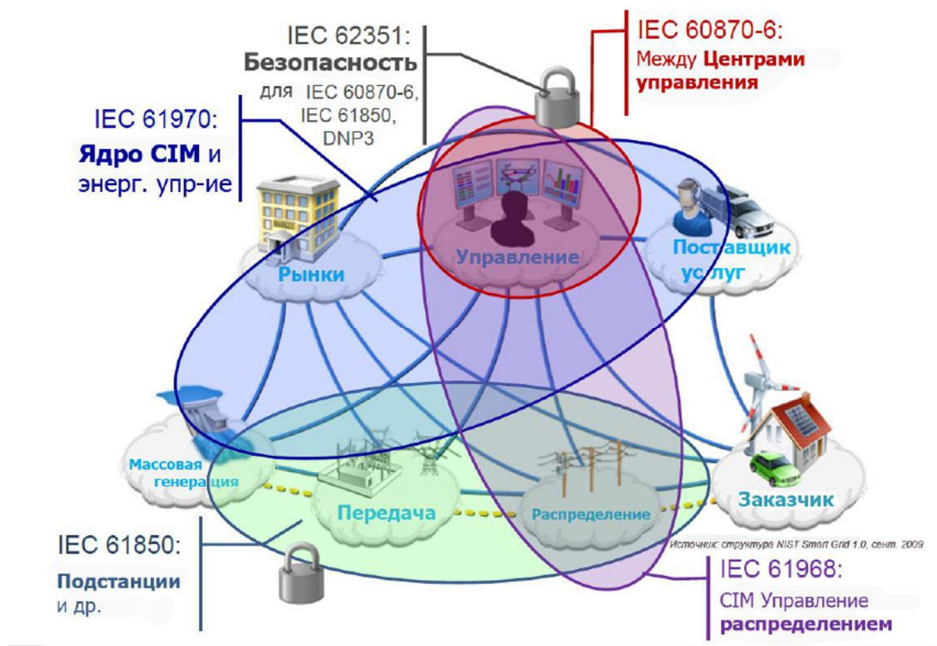


Рис. 3. Концептуальна модель системи SMART GRID

Основой системы SMART GRID является постоянный мониторинг состояния всех участников сети посредством интеллектуальных счетчиков, определяющих показатели потребления более детально, нежели традиционные средства измерения, снабжённых (дополнительно) коммуникационными средствами для передачи накопленной информации с помощью сетевых технологий с целью мониторинга и осуществления расчётов за коммунальные услуги (Рис. 4).

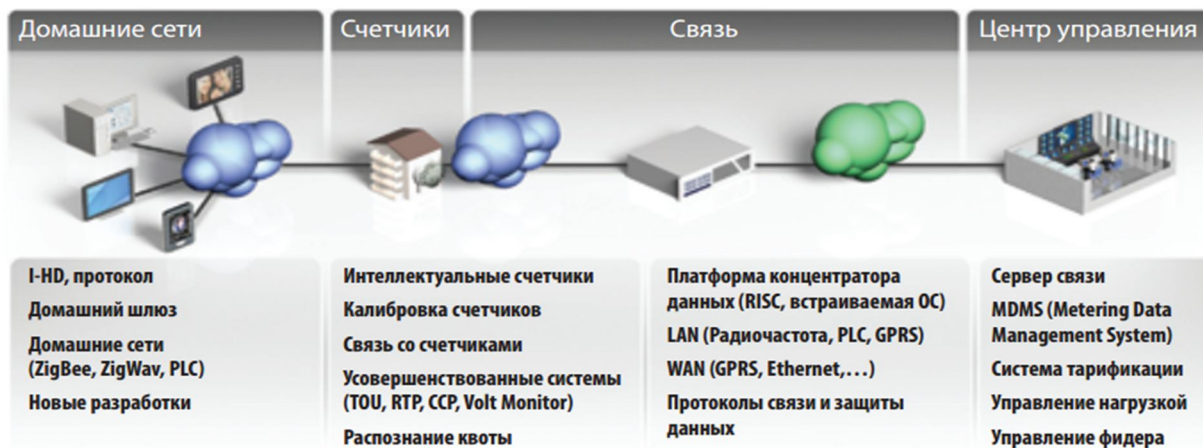


Рис.4. Особенности применения интеллектуальных счетчиков

Отличительной чертой интеллектуальности являются микроконтроллеры с независимым питанием на 5...10 лет и радиоканалы коммуникаций, рассчитанные на передачу информации, в том числе через сеть Интернет.

С переходом от государственного регулирования к рыночным отношениям в области электроэнергетики и производства других коммунальных ресурсов правительственные инспекции занялись поиском средств для приведения в соответствие потребления и производства электроэнергии и других ресурсов. Интеллектуальные счётчики являются экономичным средством для получения информации, позволяющей ценообразующим организациям вводить дифференцированные тарифы на потребление энергии в зависимости от времени суток и времени года и проводить мониторинг потребления и следовательно управлять потреблением, снижая излишний расход ресурсов. Известно, что снижение потребления на 1 кВт·ч у конечного потребителя экономит до 4-5 кВт·ч энергии у производителя.

Интеллектуальные счетчики могут измерять параметры импульсных перенапряжений и гармонических искажений, что позволяет диагностировать проблемы качества электроэнергии.

Безусловным мировым лидером в разработке, производстве и обслуживании интеллектуальных счетчиков является Германия, в частности концерн Techem. Разработанная концерном интеллектуальная система (Automative Smart Metering System Data) счетчиков воды, тепла, газа и электричества с передачей информации от приборов по радиоканалу на частоте 868,95 МГц на беспроводные концентраторы является наиболее дешевой и передовой в мире. Концентраторы сами управляют процессом считывания и передачи информации между собой и потребителю. Один из концентраторов содержит модем, который отправляет информацию по сети GSM/GPRS на Интернет-адрес потребителя в нужном формате. Концентраторы и приборы имеют питание от батарей на 10 лет. Газовые и электросчетчики имеют специальные интеллектуальные модули IFS data III передачи информации по радиоканалу на концентраторы.

Каждый счетчик должен быть в состоянии надежно и безопасно передавать собранную информацию в центр управления. С учетом различных местоположений и окружающей среды, где находятся счетчики, эта проблема может быть сложной.

Возможными решениями являются: использование сети сотовой связи, спутниковой связи, радиорелейной связи, технологий WiMAX, WiFi, LTE, связь по линиям электропередачи. На сегодняшний день ни одно из решений не представляется оптимальным для всех приложений.

Помимо передачи данных в центр управления интеллектуальные счетчики должны быть частью домашней сети, в частности систем «Умный дом», которая может включать в себя дисплей и концентратор, чтобы получать данные с одного либо нескольких счетчиков и отображать их на дисплей. Технологии для такой сети могут отличаться в разных странах, но включают в себя связь по линиям электропередачи (PLC) и использование технологии ZigBee.

Известная система Advanced metering infrastructure (AMI) представляет собой интегрированную систему смарт-счетчиков, сетей связи и систем управления данными, которая предоставляет двустороннюю связь между коммунальными предприятиями и потребителями. Клиент системы включают в себя домашние дисплеи, домашнюю сеть, систему управления энергией и другие возможности, которые позволяют интеллектуальной сети функционировать в домах, офисах и на предприятиях.

AMI измеряет, собирает и анализирует использование энергии и работает с умными счетчиками. Эти системы включают в себя специальное оборудование, программное обеспечение, сеть для передачи информации, мониторы и контроллеры потребления энергии.

### **Выводы**

1. Современные энергосистемы потребляют большое количество первичных энергоресурсов (угля, нефтепродуктов, ядерного сырья), что приводит к быстрому истощению природных ресурсов и загрязнению окружающей среды.

2. Применение технологии SMART GRID, которая интегрирует в единый комплекс сети энергоснабжения и компьютерные телекоммуникационные сети, основанные на системах передачи информации, позволяет улучшить эффективность современных энергосистем, уменьшить расход энергоресурсов, повысить безопасность систем и улучшить экологию окружающей среды.

3. Актуальными задачами дальнейшего развития технологии SMART GRID являются совершенствование и разработка новых методов создания компьютерных телекоммуникационных систем, систем мониторинга параметров энергоресурсов, управления и оптимизации систем, эффективного программного обеспечения.

### **Литература**

1. NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 2.0. Февраль 2012. [Концепция и дорожная карта по стандартам взаимодействия для Smart Grid] / NIST – Национальный институт технологий и стандартизации, США; Государственный коммерческий департамент США [Электронный ресурс] // – Режим доступа : [www.nethaus.ru/tags/smartgrid](http://www.nethaus.ru/tags/smartgrid).

2. Санатов Д. В. Тенденции развития технологий Smart Grid / Д. В. Санатов, руководитель проектного направления Фонд «ЦСР «Северо-Запад» [Электронный ресурс] // – Режим доступа : <http://www.slideshare.net/skukraine/huawei-smart-grid-rus> 10.09.2013

3. J. Momoh. Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis, John Wiley & Sons, NY, 2012, 216 p. (англ.).

4. Andriy Luntovskyy, Dietbert Guetter, Igor Melnyk. Planung und Optimierung von Rechnernetzen: Methoden, Modelle, Tools für Entwurf, Diagnose und Management im Lebenszyklus von drahtgebundenen und drahtlosen Rechnernetzen // Навч. посібник. – Springer/Vieweg + Teubner Verlag Wiesbaden, 2011. – 411 с. (ISBN: 978-3-8348-1458-6, нем).

5. Лунтовський А. О. Розподілені сервіси телекомунікаційних мереж та повсюдний комп'ютинг і Cloud-технології / А. О. Лунтовський, М. М. Климаш, А. І. Семенко. – Львів : Львівська політехніка, 2012. – 368 с.

6. IEEE Smart Grid Conceptual Model. IEEE Org., retrieved 10/2011.

7. Smart Grid Reference Architecture/EU–CEN–CENELEC–ETSI SG Coordination Group, Brussels, retrieved 11/2012, 107 p. (англ.).

8. Шкарин Ю. П. Высокочастотные тракты каналов связи по линиям электропередачи. НТФ «Энергопрогресс», Энергетик, 2001. – 72 с.