

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ SMART GRID В РОССИЙСКОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Р. И. ГАРЕЕВ¹, М. Б. ГАРЕЕВА²

¹rustamgareev85@mail.ru, ²gumerova_m@mail.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. В рамках «энергетического перехода» рассматривается концепция «умных» электроэнергетических сетей, предусматривающая использование информационных и коммуникационных сетей и технологий для сбора информации об энергопроизводстве и энергопотреблении, позволяющей автоматически повышать эффективность, надежность, экономическую выгоду, а также устойчивость производства и распределения электроэнергии. Перечислены свойства, преимущества внедрения Smart Grid для потребителей, электроэнергетических компаний и отечественной промышленности. Описаны требования к возможностям Smart Grid-систем.

Ключевые слова: Smart Grid; интеллектуальная электроэнергетическая система с активно-адаптивной сетью.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время Российская энергетическая отрасль находится в процессе «энергетического перехода», связанного с развитием информационных систем, цифровизацией процессов производства, распределения и потребления энергии. Одним из главных трендов является концепция «умных» электроэнергетических сетей, которая имеет устоявшееся название Smart Grid.

Понятие Smart Grid официально введено еще в 2003 году, после публикации статьи в открытых источниках г-на М. Т. Burr под названием «Спрос надежности будет управлять инвестициями». Однако единого определения, что такое Smart Grid нет.

Одна из европейских ассоциаций European Technology Platform SmartGrids дает следующее определение: «Smart Grid» - это электрические сети, удовлетворяющие будущим требованиям по энергоэффективному и экономичному функционированию энергосистемы за счет скоординированного управления и при помощи современных двусторонних коммуникаций между элементами электрических сетей, электрическими станциями, аккумулирующими источниками и потребителями [1–7].

По данным другой ассоциации The NETL Modern Grid Initiative, «Smart Grid» – это совокупность организационных изменений, новой модели процессов, решений в области информационных технологий, а также решений в области автоматизированных систем управления технологическими процессами и диспетчерского управления [1].

По данным Института энергетических исследований РАН, Smart Grid представляют собой активно – адаптивную сеть (ААС), то есть совокупность подключенных к генерирующим источникам и потребителям электрической энергии активных электрических сетей. Также в России есть свое название системы Smart Grid – Интеллектуальная электроэнергетическая система с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС) [1].

Исходя из вышеизложенных определений, можно резюмировать, что «Smart Grid» – это модернизированные сети электрообеспечения, которые используют информационные и коммуникационные сети и технологии для сбора информации об энергопроизводстве и энергопотреблении, позволяющей автоматически повышать эффективность, надежность, экономиче-

скую выгоду, а также устойчивость производства и распределения электроэнергии.

Другими словами, «умные сети» представляют собой автоматизированную систему, элементами которой являются электрические сети, производители электроэнергии и потребители. Данная система позволяет в режиме реального времени отслеживать и контролировать режимы работы всех участников процесса.

В настоящее время во многих странах предприятия энергетического сектора экономики переживают период активного реформирования. Происходящие процессы слияния, поглощения и изменения структуры управления, границ сферы деятельности и территориального присутствия заставляют многие бывшие монополии искать для себя новые модели создания добавочной стоимости. Соответственно неизбежно меняются задачи компаний и их бизнес-процессы. Формируются рынки предоставления коммунальных услуг, активно внедряются рыночные механизмы.

Для реализации происходящих изменений требуются технологические изменения и новые типы технических устройств, отвечающие современным потребностям развития отрасли.

И хотя эти изменения отличаются в зависимости от географии и вида деятельности энергетических компаний, инновации неизбежно ведут к преобразованию всех сфер электроэнергетического хозяйства планеты.

Толчком к активному развитию концепций Smart Grid послужил ряд *вызовов*, назревших в энергетической отрасли, а именно:

- начало масштабного применения генерирующих установок на основе возобновляемых источников энергии (энергия ветра и солнца), характеризующихся непостоянством выработки электроэнергии как по времени суток, так и по мощности;

- соответственно рваный график генерации осложнил регулирование выработки мощности в соответствии с графиком нагрузок потребителей. Это привело к снижению эффективности работы существующих традиционных электрических станций, кото-

рым необходимо довольно часто находиться в горячем резерве для энергосистемы;

- свой вклад внес и ограниченный потенциал повышения эффективности существующей технологической базы энергетики, которая практически достигла пика возможности повышения производительности оборудования;

- введение в работу малых установок распределенной генерации на стороне потребителя заставляет менять работу электрических сетей, перетоки мощности по которым теперь могут протекать в обе стороны;

- предыдущая причина также требует установки новых интеллектуальных устройств учета мощности на стороне потребителя (smart-счетчики) с двухсторонним действием и развитыми средствами коммуникации;

- широкое внедрение smart-счетчиков электрической энергии открывает новые возможности регулирования нагрузок путем привлечения к этому конечных потребителей, что требует развития IT платформ взаимодействия энергосистемы с потребителем.

Существующие электрические сети представляют собой систему односторонней передачи электроэнергии, состоящую из мощных генерирующих станций, связанных с потребителями. Данная система не учитывает, что потребитель может использовать альтернативные источники получения энергии: сегодня устанавливаются индивидуальные источники генерации, ветровые и солнечные электростанции. Следовательно, в современных условиях реализации политики энергосбережения и возрастания спроса на возобновляемые источники получения электроэнергии необходима система, позволяющая передавать не только электричество, но и информацию. Причем данная система должна быть двухсторонней: от генерации к потребителю и от потребителя к генерации.

Используя современные информационные и коммуникационные технологии, все оборудование сетей Smart Grid взаимодействует друг с другом, образуя единую интеллектуальную систему энергоснабжения.

Собранная с оборудования информация анализируется, а результаты анализа помогают оптимизировать использование электроэнергии, снизить затраты, увеличить надежность и эффективность энергосистем.

На настоящий момент энергетическая отрасль России для себя наметила довольно перспективные направления развития, которые были продиктованы западным опытом внедрения и развития элементов систем Smart Grid.

Реализуемая в Российской Федерации политика, направленная на повышение энергетической эффективности национальной экономики, предусматривает комплексную модернизацию электроэнергетической инфраструктуры страны. В связи с этим первостепенную роль играют процессы оснащения всех категорий потребителей современными решениями в сфере учета энергоресурсов и создания единой системы бесконтактного взаимодействия с потребителем. Принятие Правительством ряда последовательных решений и, в частности, в жилищно-коммунальном хозяйстве, способствуют существенному росту рынка интеллектуальных приборов учета в последующие годы.

ПРЕИМУЩЕСТВА ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ SMART GRID

Свойства «умной» сети:

- **Оперативная координация в установленных режимах** достигается благодаря широкому внедрению АИИС в энергосистеме и управляемой нагрузке. Это активная двунаправленная схема взаимодействия в реальном масштабе времени информационного обмена всеми между элементами и участниками сети, от генераторов энергии до конечных устройств потребителей.

- **Автоматическое восстановление электроснабжения** достигается благодаря широкому внедрению АИИС в энергосистеме и управляемой нагрузке. Smart Grid должна уметь эффективно защищаться и самовосстанавливаться от крупных сбоев, природных катаклизмов и внешних угроз.

- **Контроль состояния и самодиагностика** достигается благодаря широкому

внедрению АИИС в энергосистеме и «умным» IT платформам.

Обеспечение практически непрерывного управляемого баланса между спросом и предложением электрической энергии. Для этого элементы сети должны постоянно обмениваться между собой информацией о параметрах электрической энергии, режимах потребления и генерации, количестве потребляемой энергии и планируемом потреблении, коммерческой информацией.

- **Удаленное управление** достигается благодаря «умным» IT платформам и взаимосоединяющимся каналам связи.

- **Непрерывный сбор и анализ информации (самообучение)** достигается благодаря широкому внедрению АИИС в энергосистеме, «умным» IT платформам и взаимосоединяющимся каналам связи

Охват всей технологической цепочки электроэнергетической системы от источников генерации (как центральных, так и автономных) и распределительных сетей до конечных потребителей.

- **Распределенная генерация** достигается благодаря широкому внедрению АИИС в энергосистеме и взаимосоединяющимся каналам связи.

Распределенная генерация имеет много преимуществ перед централизованной: она технологически более гибкая, позволяет решать проблемы дефицита электроэнергии в масштабах регионов. Энергосистема, располагающая достаточным количеством малых генераторов, способна функционировать с такой же степенью надежности, но с меньшей суммарной установленной мощностью, чем энергосистема, основанная исключительно на генераторах большой мощности. При этом высокая степень автоматизации и простота в обслуживании делают эти установки эффективными в эксплуатации.

Однако развитие распределенной энергетики сталкивается с проблемой ограниченных возможностей существующих распределительных сетей. В настоящее время электроэнергия передается по сетям в одном направлении – от крупных генерирующих установок к потребителям. А существование распределенной генерации предполагает

ет установку небольших генераторов в непосредственной близости к потребителям, что позволяет продавать электроэнергию в систему аналогично крупным энергокомпаниям. Поэтому внедрение распределенной генерации предполагает техническое переоснащение распределительного сетевого комплекса.

- **Способность автономной (от энергосистемы) работы** достигается благодаря широкому внедрению АИИС в энергосистеме, «умным» IT платформам и управляемой нагрузке.

- **Устойчивость сети к физическому и кибернетическому вмешательству** достигается благодаря многоуровневой защите (например, с использованием технологий блокчейн).

ВЫГОДА ОТ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ SMART GRID

Для потребителя:

- расширенные возможности для потребителей по управлению энергопотреблением и снижению уровня платежей за потребленные энергоресурсы,
- повышение надежности энергоснабжения всех категорий потребителей,
- повышение качества электроснабжения,
- улучшение доступа потребителей к энергетической инфраструктуре,
- создание современного интерфейса взаимодействия потребителей энергии с ее поставщиками,
- возможность для потребителя выступать в качестве полноправного участника энергетического рынка.

Для электроэнергетических компаний:

- снижение потерь энергоресурсов,
- снижение издержек и увеличение прибыли,
- повышение качества электроснабжения,
- повышение надежности функционирования энергосистемы в случае возникновения аварийных ситуаций,
- повышение своевременности и полноты оплаты за потребляемые энергоресурсы,

- управление неравномерностью графика электрической нагрузки,

- повышение качества интеграции объектов возобновляемой генерации и распределенной генерации в энергосистему,

- повышение визуализации работы объектов энергетической инфраструктуры.

Для отечественной промышленности:

- возможность перехода на выпуск востребованной наукоемкой продукции,

- закрепление лидирующих позиций в своих областях,

- обеспечение устойчивого экономического положения предприятий энергетической отрасли,

- обеспечение модернизации основных фондов энергетической отрасли без существенного повышения тарифов.

ТРЕБОВАНИЯ К ВОЗМОЖНОСТЯМ СИСТЕМЫ SMART GRID:

- **Контроль состояния и диагностика**

Система должна осуществлять контроль состояния и диагностику всех жизненно важных узлов сети: высоковольтных ячеек, коммутирующего оборудования, систем поддержания климата, состояние и параметры шкафов оперативного тока, устройств релейно-защитной автоматики.

- **Удаленное управление**

Система должна предоставлять возможность изменять рабочую схему как по удаленным командам диспетчера, так и по заранее подготовленным алгоритмам, при наличии соответствующих прав у оперативного персонала.

- **Своевременное оповещение**

Система должна осуществлять контроль выработанных часов и предупреждать соответствующие службы о необходимости замены оборудования с истекшим сроком эксплуатации

- **Непрерывное архивирование**

Система должна вести непрерывное архивирование параметров контролируемого оборудования по их изменению и предоставлять данные о работе диспетчерским службам и обслуживающему персоналу.

- **Поддержка разнообразия протоколов**

Система должна иметь возможность обмена данными с широким спектром оборудования (счетчики электрической энергии, устройства релейно-защитной автоматики, датчики и т.д.) вне зависимости от используемого протокола обмена данными и, желательно, без использования технологии OPC. Это позволит не только повысить надежность системы и значительно снизить ее стоимость реализации и владения.

- **Контроль доступа**

Система должна осуществлять контроль доступа в помещение распределительных подстанций и иных помещений, а также контролировать состояние штатной охранно-пожарной сигнализации и оповещать соответствующие службы в случае несанкционированного проникновения в контролируемое помещение или возникновение пожара. На диспетчерский пульт и пульта соответствующих служб должны передаваться сигналы в виде сообщений, снимков с камер видеонаблюдения, а также SMS рассылкой осуществлять оповещение ответственных работников.

- **Интуитивно понятный интерфейс**

Система должна иметь интуитивно понятный интерфейс с легко читаемыми мнемосхемами и иными экранными формами для удобства использования ее оперативным обслуживающим персоналом.

- **Передача информации на верхний уровень**

Система должна обеспечить возможность передачи информации о состоянии контролируемого оборудования смежным подсистемам (сервера, планово-технический отдел, отдел главного энергетика, общее АСУ предприятия) по открытым и доступным протоколам обмена данными с использованием широкого спектра коммуникационного оборудования.

- **Быстрое восстановление системы**

В случае нештатной ситуации время восстановления программного обеспечения (сервера или рабочей станции) должно быть минимальным.

- **Масштабируемость**

Решение должно иметь функции масштабирования и учитывать возможность расширения энергетической сети вне зависимости от топологии присоединяемого оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье проанализированы возможности системы Smart Grid, преимущества, которые дает внедрение «умных» сетей для потребителя и электроэнергетической компании, возможности для отечественной промышленности.

Smart Grid является S.M.A.R.T. системой, то есть способна осуществлять самомониторинг и предоставлять отчеты как о любом участнике сети (его состоянии, потребностях и пр.) так и полную информацию о произведенной и переданной электроэнергии в любом разрезе: эффективности, потерь или экономической выгоды. Smart Grid также повышает надежность сети, обеспечивая незаметное для потребителя переключение на другой источник при отказе основного. Поскольку надежность отдельных сетей электроснабжения уже достигает 99,97% внедрение Smart Grid способно гарантировать бесперебойное электроснабжение в режиме 24/7.

Smart Grid повышает «производительность» сети в целом за счет уменьшения потерь в проводах и оптимального распределения нагрузки, устанавливая для крупных потребителей эффективные (меньшей протяженности) маршруты подключения.

С точки зрения общей экономики Smart Grid способствует появлению новых рынков, игр и услуг.

Благодаря современным технологиям Smart Grid может применяться как в масштабах зданий, предприятий, так и для обычных домашних электрических устройств, например, холодильника или стиральной машины. Соответственно, все устройства, входящие в состав Smart Grid, должны быть оснащены техническими средствами, осуществляющими информационное взаимодействие.

Помимо сказанного, концепция Smart Grid содержит еще один важный аспект – катализацию экономического подъема. Развертывание подобных проектов способствует развитию инновационных технологий и стимулирует производство высокоинтеллектуальной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кобец Б. Б., Волкова И. О.** Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. – М.: ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с. [B. B. Kobets, I. O. Volkova, *Innovative development of the electric power industry based on the Smart Grid concept*, (in Russian). M: IAC Energy, 2010, 208 p.]

2. **Рынок интеллектуальных энергосистем (Smart Grid)** [Электронный ресурс]. URL: http://www.cleandex.ru/articles/2011/01/20/smart_grid_market (дата обращения 01.04.2020). [*Smart Grid Market* (in Russian). (2020, Apr. 01) [Online]. Available: http://www.cleandex.ru/articles/2011/01/20/smart_grid_market]

3. **Smart Grid. Умные Сети. Интеллектуальные сети электроснабжения.** [Электронный ресурс]. URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Smart_Grid_\(%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%A1%D0%B5%D1%82%D0%B8\)](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Smart_Grid_(%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%A1%D0%B5%D1%82%D0%B8)) (дата обращения 03.04.2020). [*Smart grid. Smart Networks. Intelligent power networks* (in Russian). (2020, Apr. 03) [Online]. Available: [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Smart_Grid_\(%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%A1%D0%B5%D1%82%D0%B8\)](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Smart_Grid_(%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%A1%D0%B5%D1%82%D0%B8))]

4. **Smart Grid или умные сети электроснабжения.** [Электронный ресурс]. URL: https://www.eneca.by/ru_smartgrid0/ (дата обращения 03.04.2020). [*Smart grid or smart power networks* (in Russian). (2020, Apr. 03) [Online]. Available: https://www.eneca.by/ru_smartgrid0/]

5. **Умные сети Smart Grid в электроэнергетике** [Электронный ресурс]. URL: <http://slgaz.com/2016/03/smart-grid.html> (дата обращения 03.04.2020). [*Smart grids in the electric power industry* (in Russian). (2020, Apr. 03) [Online]. Available: <http://slgaz.com/2016/03/smart-grid.html>]

6. **Развитие стандартизации интеллектуальных систем электроснабжения будущего/ А. В. Иванов [и др.] // Энергия единой сети №3 (28), 2018. С.70–84. [A. V. Ivanov, et al., “The development of standardization of intelligent power supply systems of the future”, (in Russian), in *Single grid energy*, №3 (28), 2018. pp.70–84.]**

7. **Гаврилович Е. В., Данилов Д. И., Шевченко Д. Ю.** «Умные сети» Smart Grid — перспективное будущее энергетической отрасли России [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/132/36972/> (дата обращения: 17.02.2020). [E. V. Gavrilovich, D. I. Danilov, D. Yu. Shevchenko (2020, Febr. 17) “*Smart grids*” – a promising future for the energy industry in Russia (in Russian). [Online]. Available: <https://moluch.ru/archive/132/36972/>]

ОБ АВТОРАХ

ГАРЕЕВ Рустам Ильдусович, ст. преп. каф. ЭМ. Дипл. инженер-электротехник (УГАТУ, 2007). Иссл. в обл. электроэнергетических комплексов и систем.

ГАРЕЕВА Марина Булатовна, доц. каф. ЭМ. Дипл. магистр техники и технологий (УГАТУ, 2004). Канд. техн. наук по элементам и устройствам вычислительной техники и систем управления (УГАТУ, 2011). Иссл. в обл. электроэнергетических комплексов и систем.

METADATA

Title: Prospects for the introduction of the Smart Grid system in the Russian energy industry.

Authors: R. I. Gareev¹, M. B. Gareeva²

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹rustamgareev85@mail.ru, ²gumerova_m@mail.ru,

Language: Russian.

Source: *Molodezhnyj Vestnik UGATU* (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 2 (23), pp. 27-32, 2020. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: Within the «energy transition», the concept of «smart» electric power grids, which provides for the use of information and communication networks and technologies to collect information on energy production and energy consumption, which can automatically increase the efficiency, reliability, economic benefits, as well as the stability of production and distribution electricity, is considered. The properties and advantages of introducing Smart Grid for consumers, power companies and domestic industry are listed. The requirements for the capabilities of Smart Grid-systems are described.

Key words: Smart grid; Intelligent power system with an active adaptive network.

About authors:

ГАРЕЕВ, Rustam Ildusovich, senior lecturer, Department of Electromechanics. Graduated Electrical Power Engineer (USATU, 2007). Research in the field of electric power complexes and systems.

ГАРЕЕВА, Marina Bulatovna, assistant professor, Department of Electromechanics. Master of Engineering and Technology (USATU, 2004). Ph.D. in elements and devices of computer technology and control systems (USATU, 2011). Research in the field of electric power complexes and systems.