

for potential use as a bioelectronic circuit element, *Biotechnol. Prog.* 23 (2007) 985-989.

3. Alteko. URL: <http://www.alteco.ru>. (in Rus.)

4. Solnechnyye batarei – energiya Solntsa v elektrichestvo [Solar batteries – turning the Sun energy into electricity]. URL: http://www.domastroim.ru/articles/electro/electro_1495.html.

5. Vaylov A.M., Eygel' F.I. Ekspluatatsiya akkumulyatornykh batarey [Storage battery operation]. Moscow, Taler, 2009. 170 p. (in Rus.)

6. Ustinov T.I. Obsluzhivaniye statsionarnykh svintsovo-kislotnykh akkumulyatorov [Maintenance of stationary lead-acid batteries]. 3rd ed., revised and extended. Moscow, Energiya, 1974. 120 p. (in Rus.)

7. Shibarov D.V., Andreyev S.A. Otsenka effektivnosti malomoshchnykh geliosistem [Evaluation of the efficiency of low-power solar systems]. *Sovremennyye dostizheniya v oblasti tekhnicheskikh nauk: Sbornik nauchnykh trudov po itogam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Orenburg, EVENSIS, 2016. No.1. Pp. 14-17. (in Rus.)

8. Gulia N.V. Udivitel'naya mekhanika [Astonishing mechanics] // NTS ENAS. ISBN5-9. Moscow, 2006. 48 p. (in Rus.)

9. Nikitin N.N. Kurs teoreticheskoy mekhaniki: Ucheb. dlya mashinostroit. i priborostroit. spets. Vuzov [Course of Theoretical Mechanics: Textbook for machine building and instrument-making majors in universities]. 5th Ed., reviewed and extended. Moscow, Vyssh. shk., 1990. 607 p. (in Rus.)

10. Kashtanov V.P., Titov V.V., Uskov A.F. i dr. Svintsovyye starternyye akkumulyatornyye batarei. Rukovodstvo po ekspluatatsii [Lead starter storage

batteries. Manual]. Moscow, MO SSSR, 1983. 5 p. (in Rus.)

11. Troynin M.F., Ushakov N.S. Elektrokary i elektropogruzchiki [Electric vehicles and electric forklifts]. L., Mashinostroyeniye, 1967. 216 p. (in Rus.)

12. Shatelen M.A., Mitkevich V.F., Tolvinskiy V.A. Spravochnaya kniga dlya elektrotekhnikov [Reference book for electrical engineers]. Vol. 4. L., KUBUCH, 1930. 391 p. (in Rus.)

13. Shibarov D.V., Andreyev S.A. Effektivnost' ispol'zovaniya khimicheskikh i makhovichnykh nakopiteley energii v avtonomnykh geliosistemakh [Efficiency of the use of chemical and flywheel energy storage in autonomous solar systems]. *EUROPEAN RESEARCH: Sbornik statey VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ed.by G.Yu. Gulyayev. Penza, ICSR "Nauka i Prosveshcheniye", 2016. Pp. 49-52. (in Rus.)

14. Sorensen B. Preobrazovaniye, peredacha i akkumulirovaniye energii: Uchebno-spravochnoye rukovodstvo [Transformation, transmission and accumulation of energy: Study-reference manual]. Dolgoprudnyy, Izdatel'skiy Dom Intellect", 2011. 296 p. (in Rus.)

15. Andreyev S.A., Shibarov D.V. Otsenka effektivnosti inertsiyonnykh dinamicheskikh akkumulyatorov v sistemakh avtonomnogo elektrosnabzheniya [Evaluation of the efficiency of inertial dynamic accumulators in autonomous power supply systems]. *International Innovation Research: Sbornik statey VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ed.by G.Yu. Gulyayev. Penza, ICSR "Nauka i Prosveshcheniye", 2017. Pp. 51-54. (in Rus.)

The paper was received on June 19, 2017

УДК 631.371:621.31:004

СТУШКИНА НАТАЛЬЯ АЛЕКСЕЕВНА, канд. техн. наук, доцент

E-mail: energo-stushkina@mail.ru

СИЛАЙЧЕВ СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ

E-mail: silis123@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Энергообеспеченность и конкурентоспособность сельскохозяйственных предприятий в современных условиях во многом зависит от применения современных методов контроля и учёта энергоресурсов на основе новейших разработок в сфере автоматизации и оптимизации процессов, сопровождающих энергоснабжение. Целью настоящей статьи выступает представление аналитического исследования мирового опыта

в сфере внедрения технологий и методов, которые определяют Интеллектуальную сеть электроснабжения. Проанализированы исследовательские работы и реальный опыт внедрения технологий в России, а также в странах Евросоюза и США. Рассмотрены основные отличия между традиционной и Интеллектуальной сетями электроснабжения, характерные черты Интеллектуальных сетей, архитектура и этапы внедрения в существующую сеть.

Ключевые слова: Интеллектуальные сети, сельские потребители электроэнергии, электроснабжение, информационные технологии, Smart Grid.

Введение. Развитие систем электроснабжения и использование новейших технологий для обеспечения необходимого уровня надёжности и качества электроэнергии имеет большое значение для сельских потребителей. Современное развитие сетей электроснабжения во многом идёт в направлении их интеллектуализации, т.е., применения информационных и коммуникационных технологий и методов сбора информации о состоянии сетей и управления ими. На этом важнейшем принципе интеллектуализации электрических сетей возможны развитие и реорганизация современной структуры электроснабжения предприятий в сельской местности [1].

Развитие системы электроснабжения до уровня Интеллектуальной сети позволит решить многие проблемы, с которыми сталкиваются электросетевые компании в сельской местности, например: высокие затраты на восстановление изношенного оборудования, не всегда соответствующее качество электроэнергии и неэффективная обратная связь с энергопроизводящими компаниями.

Цель работы – определить (на основе анализа литературных данных и мирового опыта) основные отличия традиционной сети электроснабжения от интеллектуальной, а также основные этапы внедрения данной технологии в существующую сеть электроснабжения в сельской местности.

Результаты и обсуждение. Обзор существующих исследований по теме Интеллектуальных сетей электроснабжения позволяет утверждать, что традиционная сеть имеет существенные отличия по сравнению с Интеллектуальными сетями. Например, новые сети гораздо более клиентоориентированы. Взаимодействие с потребителем идёт не только в сторону компания – клиент, но и в обратную, так

как клиент может сам ограничить потребляемую мощность, изменить тариф или сократить время обращения к компании в случае нарушений в работе сети.

На сервер электроснабжающей компании передаются данные измерений, полученных с помощью цифровых приборов. На основании этих данных возможно построение прогнозов по износу оборудования. Это позволит убрать плановый регламентный ремонт и заменить его на ремонт по состоянию, а также управлять элементами электрических сетей, чтобы качество электроэнергии со стороны потребителя оставалось в заданных нормативных пределах.

Интеллектуальные сети подразумевают под собой получение электроэнергии не только от сетевых компаний, но и с помощью распределённой генерации. Это позволит значительно повысить гибкость уровня генерируемой энергии [2].

Таким образом, Интеллектуальной сети электроснабжения присущи следующие признаки [3]:

- насыщенность сети активными элементами, позволяющими изменять параметры сети;
- наличие большого количества датчиков, измеряющих текущие режимные параметры работы энергосистемы для оценки текущего состояния сети;
- развитая система сбора и обработки данных, а также средства управления активными элементами сети и электроустановками потребителей;
- оснащение средствами автоматической оценки текущей ситуации и построения прогнозов работы сети электроснабжения на основании массивов данных;
- высокое быстродействие управляющей системы и информационного обмена.

Сравнение традиционной сети и Интеллектуальной сети

Показатель	Традиционная сеть	Интеллектуальная сеть
Взаимодействие с потребителем	Ограниченное	Повышенное
Измерения	Электромеханические	Цифровые
Проверка состояния и обслуживание	Проверка человеком; плановое обслуживание	Удалённый контроль; обслуживание по износу
Генерация	Централизованная	Централизованная и распределённая
Управление мощностью	Ограниченное	Гибкое
Качество электроэнергии	Труднорегулируемое	Регулирование в зависимости от состояния сети

Схематичная архитектура новой сети представлена на рисунке 1. В её составе присутствуют элементы, которые не свойственны традиционной сети электроснабжения. Первый элемент – «гибкая система передачи электроэнергии» (FACTS – Fast AC Transmission System). Эта система позволяет изменять количество передаваемой энергии в соответствии с потребностями потребителя.

Второй элемент – «малая генерация». С помощью этого элемента обозначаются источники распределённой энергии, которые расположены вблизи потребителей. В традиционных сетях этот элемент учитывается редко, однако в Интеллектуальных сетях источники распределённой энергии являются одной из обязательных составляющих [4].

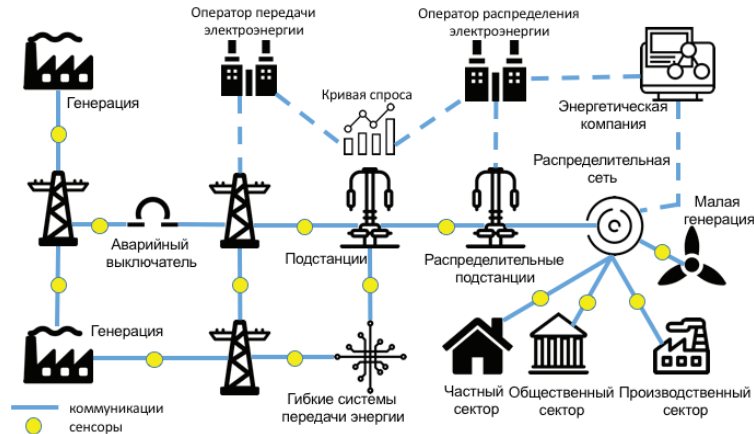


Рис. 1. Архитектура Интеллектуальной сети

Как и в случае любого комплексного технического решения, внедрение технологий Интеллектуальной сети электроснабжения требует поэтапной длительной работы и значительных капиталовложений. Этапы внедрения технологий Smart Grid условно изображены на рисунке 2. По оси абсцисс

располагаются необходимые инвестиции на внедрение каждого этапа, по оси ординат – показатель Rate of Investment, который отображает окупаемость инвестиций. Пунктирной линией отмечен уровень, после которого инициативы становятся экономически эффективными [5].



Рис. 2. Кривая внедрения элементов Интеллектуальной сети электроснабжения

Первый этап – наладка коммуникаций. Сначала требуется обеспечить линии связью на базе, например, AMR (Adaptive Multi Rate) – адаптивного кодирования с переменной скоростью. Затем необходимо создать коммуникационную инфраструктуру, которая свяжет все элементы и обеспечит скорость реагирования элементов сети.

Далее необходимо оцифровать все собранные данные. Использование цифровых измерительных

устройств позволит формировать базы данных из измерений. Благодаря этому станции, генерирующие электроэнергию, смогут изменять количество выработанной электроэнергии, а активными элементами сети можно управлять на основании показателей в конкретный момент времени. Управление элементами сети дает возможность максимально оперативно ограничивать передачу энергии на повреждённые участки и изменять маршрут передачи

энергии на неповреждённые, с учётом допустимых нагрузок.

Износ оборудования возможно прогнозировать благодаря собраным данным с элементов сети. Показатели сравниваются с экспериментальными данными, собранными в лаборатории компанией-изготовителем, и затем выводится показатель износа, по которому определяется время до следующего ремонта оборудования.

Из дальнейших шагов наиболее интересны «умные приложения» и подключение альтернативных источников энергии. «Приложения» позволяют внедрять в систему электроснабжения непосредственно потребителя, который сам изменяет свой тарифный план и количество потребляемой электроэнергии. Такие приложения уже применяются в системах «умный дом», но они не могут полностью обеспечивать функционал, который может быть у дома, подключенного к Интеллектуальной сети электроснабжения.

Применение альтернативных источников позволит снизить уровень расхода сырья при генерации электроэнергии. Основная проблема их внедрения в существующую сеть – нестабильность и низкое качество вырабатываемой электроэнергии, что снижает стабильность работы электрической сети.

Выводы

Интеллектуальные сети электроснабжения являются важным этапом развития электросети России. Применение принципов усовершенствованной сети в сельской местности позволит значительно снизить затраты на обслуживание сетей. Контроль износа оборудования снизит затраты

на плановые мероприятия и увеличит надёжность электроснабжения, снизив число аварийных отключений. Активное взаимодействие с потребителями позволит повысить качество электроэнергии и ввести источники распределённой генерации в электрическую сеть. Развитие электрической сети в сельской местности позволит повысить конкурентоспособность продукции агропромышленного комплекса России, что на сегодняшний день является одной из приоритетных стратегических задач.

Библиографический список

1. Grid Modernization and the Smart Grid / U.S. Department of Energy, 2007. URL: <https://energy.gov/oe/services/technology-development/smart-grid>.
2. The SMART GRID: An Introduction, prepared for the U.S. Department of Energy / Litos Strategic Communication, 2008. URL: [https://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages %281%29.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf).
3. Дорофеев В.В., Макаров А.А. Активно-адаптивная сеть – новое качество ЕЭС России // Энергоэксперт. 2009. № 4 (15). URL: http://energyexpert.ru/component/option,com_jdownloads/Itemid,93/task,finish/cid,84/catid,18.
4. Analysis of Distributed Generation Systems, Smart Grid Technologies and Future Motivators Influencing Change in the Electricity Sector / School of Engineering and Science, 2011. URL: http://file.scirp.org/pdf/SGRE20110300001_32428639.pdf.
5. How real is the vision of a smart grid, GP bull-hound, June 2009.

Статья поступила 11.09.2017

IMPLEMENTATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR SMART GRID DEVELOPMENT IN RURAL ELECTRICAL NETWORKS

SERGEY S. SILAYCHEV

E-mail: silis123@mail.ru

NATALIYA A. STUSHKINA, PhD (Eng), Associate Professor

E-mail: energo-stushkina@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev;
Timiryazevskaya Str., 49; Moscow, 127550, Russian Federation

The authors claim that power supply and competitive ability of agricultural enterprises in modern conditions largely depend on the application of modern methods of controlling and measuring energy resources on the basis of the latest developments in the field of automation and optimization of processes related to power supply. The purpose of this paper is to present an analytical study of the world's experience in the implementation of technologies and methods commonly referred to as the Smart Grid. The authors have analyzed research works and actual experience of the implementation of the considered technologies in Russia, as well as in the countries

of the European Union and the USA and revealed the main differences between current (conventional) and Intellectual power supply networks, characteristics of Intellectual networks, as well as their architecture and integration stages into the existing network.

Key words: Intellectual networks, rural electricity consumers, power supply, information technologies, Smart Grid.

References

1. Grid Modernization and the Smart Grid / U.S. Department of Energy, 2007. URL: <https://energy.gov/oe/services/technology-development/smart-grid>.

2. The SMART GRID: An Introduction, prepared for the U.S. Department of Energy / Litos Strategic Communication, 2008. URL: [https://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages %281%29.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf).

3. Dorofeyev V.V., Makarov A.A. Aktivno-adaptivnyayaset'–novoyekachestvoYeESRossii[Active-adap-

tive network as a new standard of Russian United Electrical Networks]. *Energoekspert*, 2009. No. 4 (15). URL: http://energyexpert.ru/component/option,com_jdownloads/Itemid,93/task,finish/cid,84/catid,18. (in Rus.)

4. Analysis of Distributed Generation Systems, Smart Grid Technologies and Future Motivators Influencing Change in the Electricity Sector / School of Engineering and Science, 2011. URL: http://file.scirp.org/pdf/SGRE20110300001_32428639.pdf.

5. How real is the vision of a smart grid, GP bullhound, June 2009.

The paper was received on September 11, 2017