УДК 681.3:681.5

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ЭНЕРГОДАННЫХ ПОЛУНАТУРНОЙ МОДЕЛИ ЛОКАЛЬНОЙ АКТИВНО-АДАПТИВНОЙ СЕТИ

Шишкин П.П., Кычкин А.В.

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com

Приведены результаты систематизации данных о принципах построения, функционирования и применения информационной системы мониторинга и анализа энергоданных полунатурной модели локального сегмента активно-адаптивной сети. Дается краткое описание концепции мониторинга локального сегмента активно-адаптивной сети – MicroGrid. Разработаны структурные и алгоритмические решения системы мониторинга модели MicroGrid на основе кроссплатформенного программного обеспечения JEVis. Приводится техническое описание компонентов разработанной системы, включающей в себя блок MicroGrid, JEVis сервер и блок взаимодействия с клиентом. Разработаны интерфейсы информационного взаимодействия и программно-информационная среда мониторинга MicroGrid, обеспечивающая выявление условий использования электроэнергии как отдельными потребителями, так и в группах. Данные оценки могут использоваться для повышения эффективности регулирования нагрузки потребителей при развертывании реальной сети. Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации по государственной поддержке молодых российских ученых – кандидатов наук, МК–5279.2014.8 «Синтез эффективных технологий удаленного мониторинга и управления состоянием интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью».

Ключевые слова: мониторинг энергоданных, активно-адаптивная сеть, SmartGrid, MicroGrid, JEVis, полунатурное моделирование

SMART SYSTEM FOR THE HIL MICROGRID ENERGY DATA MONITORING AND ANALYSIS

Shishkin P.P., Kychkin A.V.

Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com

The results of the systematization of data on the principles of construction, operation and use of information systems for monitoring and analyzing energodannyh HIL model local segment active-adaptive network are given. A brief description of the concept of monitoring local segment active-adaptive network – MicroGrid is presented. Structural and algorithmic solutions Monitoring System MicroGrid model based cross-platform software JEVis were developed. Provides a technical description of the components of the developed system, includes a MicroGrid, JEVis server and block the interaction with the client. Communication Interfaces and software information environment monitoring MicroGrid, providing identifying the conditions of use of electricity as individual consumers, as well as in groups were developed. These estimates can be used to improve the management of customer load in the deployment of a real network. The work was performed as part of the grant of the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists – candidates, MK-5279.2014.8 «Synthesis of efficient technologies for remote monitoring and control of intellectual power system with active-adaptive network».

Keywords: energy data monitoring, actively-adaptive network, SmartGrid, MicroGrid, JEVis, HIL

Мировые энергетические системы активно развиваются в части многоуровневой автоматизации и интеллектуализации. Это создает основу новых электроэнергетических систем будущего – активно-адаптивных сетей (ААС) или *SmartGrid*. Такие сети отличаются широкой функциональной насыщенностью, гибкостью методов управления источниками энергии, в том числе альтернативной. ААС полностью обеспечивает запросы потребителей за счет устойчивого характера потребления [5].

Однако переход крупных энергетических сетевых сегментов отечественной энергетики на ААС сегодня затруднен. Это обуславливается высокой стоимостью технических и технологических решений, слабым развитием коммуникационной инфраструктуры многих участков электрических сетей, отсутствием механизмов интеграции энергетической и информационной инфраструктур с необходимыми требованиями, слабым развитием законодательной базы [2, 10] и др. Все это приводит к необходимости научного обоснования режимов работы отдельных элементов, сегментов и сети в целом в аспекте *SmartGrid*. Одним из перспективных решений такой комплексной задачи может являться подход на основе постоянного системного мониторинга энергоданных полунатурной модели локальной ААС (*MicroGrid*), анализе ключевых расчетных значений потребления энергии и выработке параметров эффективного управления [9]. Кроме того, статистические данные и результаты мониторинга полунатурной модели могут использоваться на других этапах жизненного цикла ААС, например при по-

иске оптимальных режимов работы объектов электроэнергетической системы [1, 7], выборе ее конфигураций, формировании планов потребления энергии, обосновании решений по их изменению в учетные периоды времени и т.д.

Разработка концепции мониторинга и анализа энергоданных полунатурной модели локальной активно-адаптивной сети

Мониторинг энергоданных локальной ААС должен быть построен на основе распределенных информационно-телекоммуникационных систем сбора данных, обладающих широкими возможностями развития. В рамках данного исследования предлагается использование доступного представителя таких систем – информационно-измерительного комплекса *JEVis* компании *Envidatec GmbH* (Гамбург, Германия), обеспечивающего функции автоматического энергоучета и автоматизированной обработки результатов с использованием встроенных механизмов *Octave* (свободно распространяемый аналог *MATLAB*). Практика применения кроссплатформенного инструмента *JEVis* в энергоменеджменте показывает его высокую эффективность [4, 11].

Организуемая система мониторинга *JEGRID* предоставляет возможность получения, передачи и обработки физических данных для всех компонентов ААС. Ее компонент *JEGraph* реализует инструменты визуализации, *JEBench* – сравнения и *JECalc* – анализа данных. Структура системы мониторинга ААС на основе *JEVis*, построенная согласно [3], приведена на рис. 1.

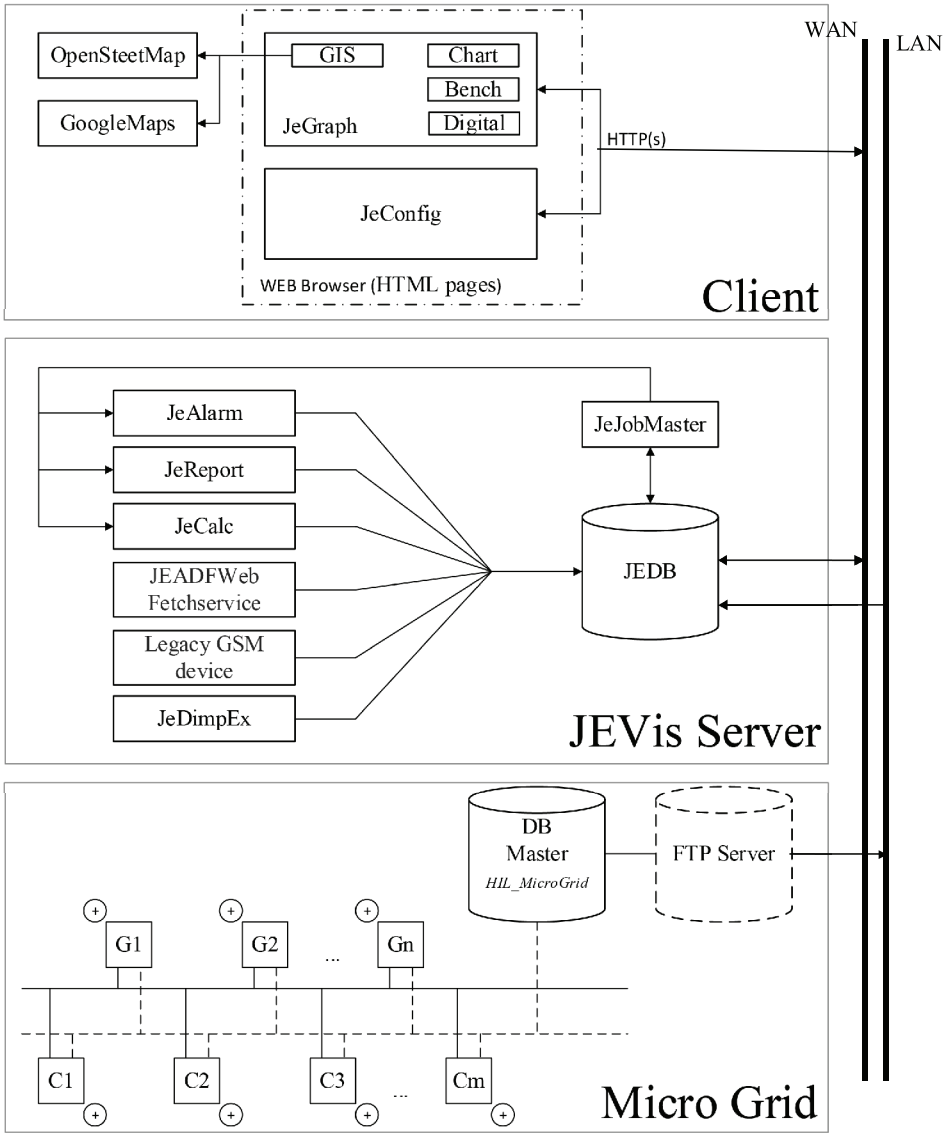

Рис. 1. Структура системы мониторинга и анализа энергоданных полунатурной модели локальной ААС

К исследуемой полунатурной модели локальной ААС подключены серверное оборудование мониторинга *JEVis Server* и блок взаимодействия с пользователем – *Client*.

В рамках блока *MicroGrid* показаны генераторы G_n и потребители C_m, база данных – *DB Master HIL MicroGrid*, и *FTP* сервер, с помощью которого осуществляется передача данных в формате *CSV*-файлов. Связь с блоком *JEVis Server* производится по локальной сети – *LAN*.

Блок *JEVis Server и Client* связаны с помощью технологий глобальной сети Интернет – *WAN*.

Экспериментальный мониторинг и анализ энергоданных полунатурной модели ААС

Поиск, анализ и принятие решений по управлению энергосбережением в ААС выполняется с целью повышения эффективности использования энергоресурсов, а также снижения удельных расходов энергии [8]. В связи с этим повышение эффективности ААС достигается путем многовариантной оценки и своевременной реализации резервов сети с учетом минимизации потерь на выработку, передачу и преобразование энергии.

Рассмотрим приведенные составляющие мониторинга и анализа энергоданных полунатурной модели ААС более подробно.

Анализ и оценка общей эффективности энергопотребления ААС. В этом случае требуется расчет удельных расходов энергии сети на единицу выпускаемой продукции, оказываемых услуг, площади или объема здания, одного работающего и т.д. [6]. Одним из способов оценки общей эффективности использования ресурсов в ААС является сравнение фактического удельного расхода для каждого потребителя (рис. 2) с нормативным значением, полученным в результате решения оптимизационной задачи для математической модели сети.

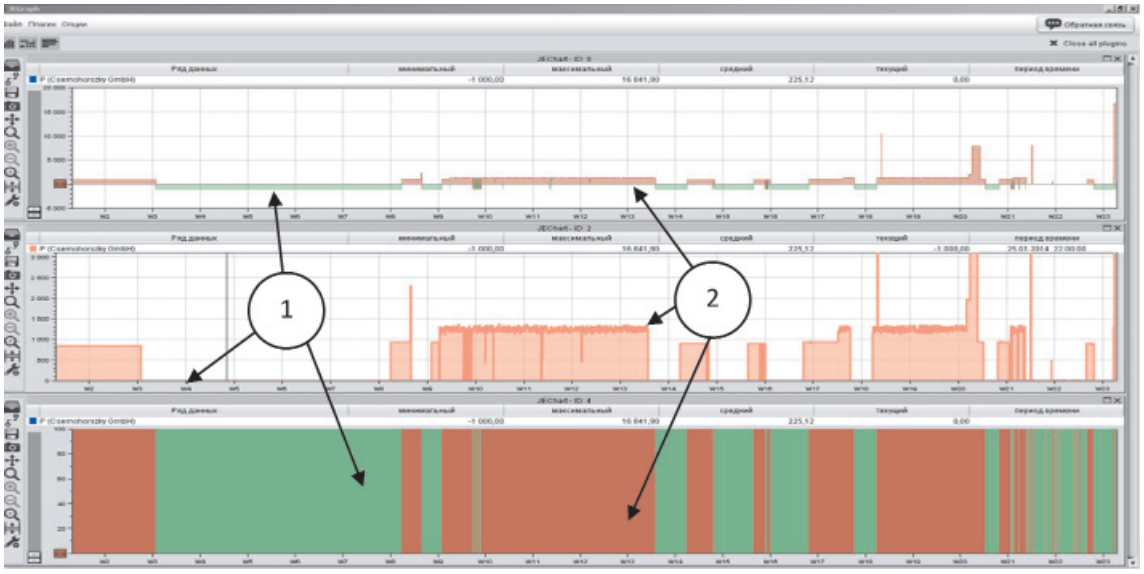

Рис. 2. Визуализация электрических нагрузок, характеризующих эффективность работы исследуемого потребителя C_1 полунатурной модели локальной ААС

На нижней части рисунка приводится дискретное отображение состояния потребления выбранного потребителя в интервале времени с 01.02.2014 по 01.06.2014. На средней части представлен энергетический профиль нагрузки потребителя в выбранное время. На верхней части показан график удельного расхода электроэнергии. Цифрой 1 обозначен режим простоя, когда потребитель находится в выключенном состоянии, 2 – режим потребления.

Зная индивидуальные графики нагрузки потребителей, можно получить групповой. Для построения суммарного суточного графика нагрузки необходимо подсчитать нагрузки потребителей и учесть потери (рис. 3). На рис. 3 обозначены: 1 – график группового энергопотребления, 2 – переменные потери, 3 – постоянные потери.

Анализ и оценка динамики энергопотребления ААС. Данный анализ выполняется для оценки характера изменения технико-экономических показателей, выявления отклонений от сложившихся тенденций и прогноза возможных изменений в будущем (рис. 4).

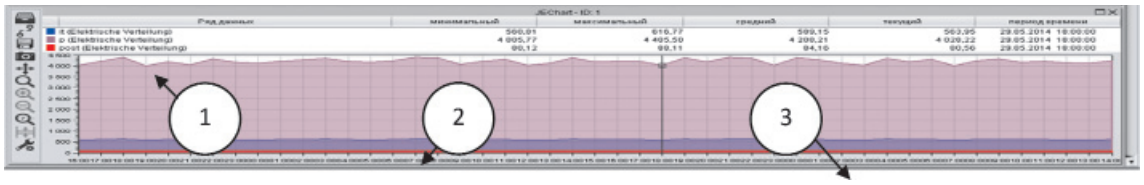

Рис. 3. Потери электроэнергии в потребителях C_1–C_6

На рис. 4 обозначены: 1 – потребляемая или генерируемая электроэнергия, 2 – стоимость электроэнергии за киловатт указанием минимальных и максимальных цен, 3 – прогноз цен оплаты, учитывая нынешнее потребление или генерацию.

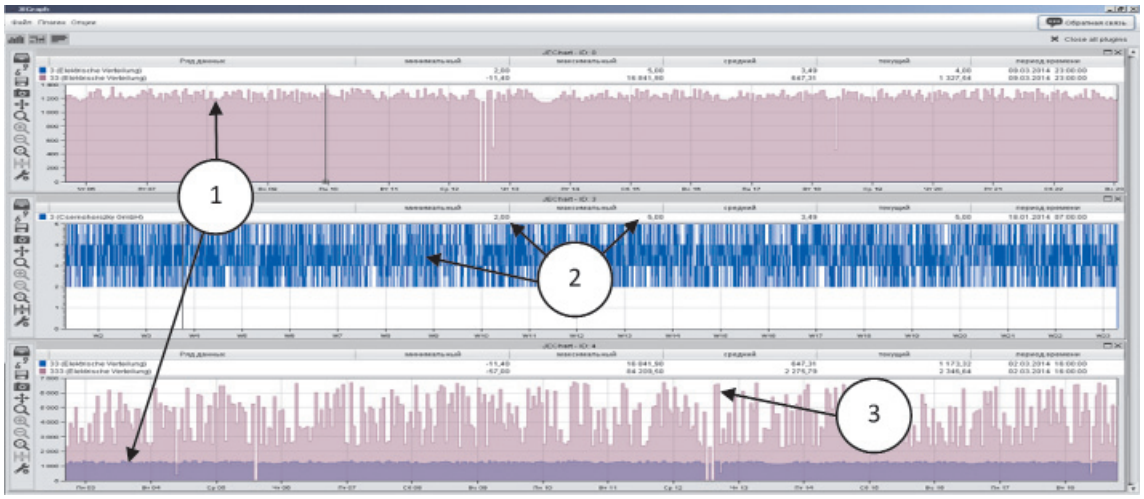

Рис. 4. Динамика изменения стоимости электроэнергии в ААС

Определение резерва и потенциала энергосбережения. При проведении энергетического мониторинга полунатурной модели ААС были выявлены резервы снижения энергозатрат и потенциал возможного снижения (рис. 5). На рис. 5 обозначены: 1 – потребляемая или производимая электроэнергия; 2 – потенциал для снижения потребления энергии; 3 – резерв снижения потребления электроэнергии.

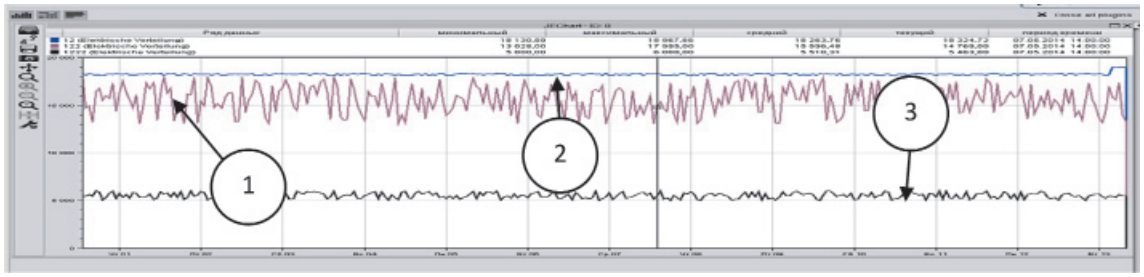

Рис. 5. Определение резервов и потенциала экономии энергии

Анализ и оценка структуры потребления энергоресурсов. Такой анализ выполняется с целью определения распределения потребляемых энергоресурсов по стоимости, энергетической ценности, процессам, территориям, цехам и т.д. Данный анализ имеет большое значение для выбора направлений и поиска резервов энергосбережения и представляется перспективным.

Выводы

В результате мониторинга и анализа энергоданных полунатурной модели ААС с помощью информационной системы на базе продукта JEVis были выявлены условия использования электроэнергии как отдельными потребителями, так и в группах. Данные оценки могут использоваться для повышения эффективности регулирования

нагрузки потребителей при развертывании реальной сети. Регулирование потоков мощности активных элементов ААС на основании результатов анализа энергоданных и применения развитой сетевой инфраструктуры *JEVis* приводит к формированию гибких локальных энергетических систем на основе поиска оптимального режима работы энергетической инфраструктуры. Несмотря на то, что характеристики сети постоянно изменяются во времени в зависимости от режимов работы энергосистемы, система мониторинга позволяет эти изменения фиксировать и обеспечивать каждый раз расчет целевых показателей эффективности распределения и потребления электроэнергии на основе встроенных механизмов математических расчетов, тем самым формируя предпосылки для постоянного поиска энергоэффективных конфигураций.

Список литературы

1. Елтышев Д.К., Петроченков А.Б., Бочкарёв С.В. К вопросу о применении генетических методов для решения задач поддержки жизненного цикла электрооборудования // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2009. – Т. 2. – С. 136–142.

2. Елтышев Д.К., Хорошев Н.И. Системный подход к формированию и реализации программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 5–4. – С. 697–701.

3. Кычкин А.В. Модель синтеза структуры автоматизированной системы сбора и обработки данных на базе беспроводных датчиков // Автоматизация и современные технологии. – 2009. – № 1. – С. 15–20.

4. Кычкин А.В. Долгосрочный энергомониторинг на базе программной платформы OPENJEVIS // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2014. – № 1 (9). – С. 5–15.

5. Ледин С.С. Интеллектуальные сети SmartGrid – будущее российской энергетики (ЗАО ИТФ «Системы и технологии») // Автоматизация и IT в энергетике. – 2010. – № 11(16). – С. 4–8.

6. Методы определения электрических нагрузок и построение графиков электрических нагрузок промышленных предприятий/ НИМГУ имени Н.П. Огарева [Электронный ресурс] – URL: http://www.mrsu.ru/ru/i_docs/list.php?ID=13128 (дата обращения 17.09.2014).

7. Некоторые аспекты технологии эксплуатации электротехнических объектов на основе методов краткосрочного прогнозирования технического состояния / В.П. Казанцев, А.Б. Петроченков, А.В. Ромодин, Н.И. Хорошев // Электротехника. – 2011. – № 11. – С. 28–34.

8. Новиков В.В. Интеллектуальные измерения на службе энергосбережения // Энергоэксперт. – 2011. – № 3. – С. 15–20.

9. Петроченков А.Б., Франк Т., Ромодин А.В., Кычкин А.В. Полунатурное моделирование активно-адаптивной электрической сети // Электротехника. – 2013. – № 11. – С. 60–63.

10. Франк Т., Кычкин А.В., Мусихина К.Г. Государственное управление проектами в области энергосбережения как база для эффективного внедрения лучших практик // Менеджмент в России и за рубежом. – 2014. – № 3. – С. 98–104.

11. Хорошев Н.И., Елтышев Д.К., Кычкин А.В. Комплексная оценка эффективности технического обеспечения энергомониторинга // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 5–4. – С. 716–720.

References

1. Eltyshev D.K., Petrochenkov A.B., Bochkarev S.V. *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravlenija i radiojelektroniki – Proceedings of TUSUR University*, 2009, no. 2, pp. 136–142.

2. Eltyshev D.K., Khoroshev N.I. *Fundamentalnie issledovaniâ – Fundamental research*, 2014, no. 5 (v. 4), pp. 697–701.

3. Kychkin A.V. *Avtomatizacija i sovremennye tehnologii – Automatization and Modern Technologies*, 2009, no. 1, pp. 15–20.

4. Kychkin A.V. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Jelektrotehnika, informacionnye tehnologii, sistemy upravlenija – PNRPU Bulletin. Electrotechnics, Informational Technologies, Control Systems*, 2014, no. 1 (9), pp. 5–15.

5. Ledin S.S. *Avtomatizacija i IT v jenergetike – Automatization and IT in Energy sector*, 2010, no. 11(16), pp. 4–8.

6. Metody opredelenija jelektricheskih nagruzok i postroenie grafikov jelektricheskih nagruzok promyshlennyh predprijatij / NIMGU imeni N.P. Ogareva, Available at: http://www.mrsu.ru/ru/i_docs/list.php?ID=13128 (accessed 7 September 2014).

7. Kazancev V.P., Petrochenkov A.B., Romodin A.V., Khoroshev N.I. *Jelektrotehnika – Electrical engineering*, 2011, no. 11, pp. 28–34.

8. Novikov V.V. *Jenergojekspert – Energy Expert*, 2011, no. 3, pp. 15–20.

9. Petrochenkov A.B., Frank T., Romodin A.V., Kychkin A.V. *Jelektrotehnika – Electrical engineering*, 2013, no. 11, pp. 60–63.

10. Frank T., Kychkin A.V., Musihina K.G. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom – Management in Russia and Abroad*, 2014, no. 3, pp. 98–104.

11. Khoroshev N.I., Eltyshev D.K., Kychkin A.V. *Fundamentalnie issledovaniâ – Fundamental research*, 2014, no. 5-4, pp. 716–720.

Рецензенты:

Щербинин А.Г., д.т.н., профессор кафедры «Конструирование и технологии в электротехнике», ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь;

Кавалеров Б.В., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Электротехника и электромеханика», ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 06.11.2014.