

УДК 620.97:621.31

КРАВЧЕНКО О.П.¹, МАНОЙЛОВ Е.Г.², БАБИЧ Г.О.¹,
МАЛИЙ Я.С.¹

¹Київський національний університет технологій та дизайну

²Інститут фізики напівпровідників ім. Лашкарьова В.Є., НАНУ

ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ЛОКАЛЬНОГО ОБ'ЄКТУ

Мета. Створення електронної системи моніторингу та управління в системі електропостачання локального об'єкту для досягнення ефективного співвідношення між генерацією та споживанням електричної енергії.

Методика. При дослідженні використовувалась теорія електричних кіл та електронних схем.

Результати. Була створена електронна система моніторингу та управління електропостачанням в енергосистемі локального об'єкту. Система складається з трьох модулів: центрального процесору, модулю моніторингу параметрів навколишнього середовища та виконавчого модулю, який складається з вимірювального блоку (струм, напруга) та релейного блоку. Центральний процесорний модуль обробляє сигнали, що надходять від моніторингового та вимірювального блоків виконавчого модулю, обробляє їх та формує виконавчі команди на релейний блок для ввімкнення/вимкнення споживачів потужності, або генеруючих пристроїв. Розроблена система надає можливість, з одного боку, здійснювати максимальний відбір потужності від розподілених (відновлюваних) джерел енергії, та з іншого боку, здійснення гнучкого регулювання споживання потужності в енергосистемі локального об'єкту. для досягнення ефективного співвідношення між генерацією електричної енергії, що забезпечується розподіленими джерелами енергії і загальною розподільчою мережею, та сумарним споживанням пристроями навантаження.

Наукова новизна. Електронна система моніторингу та управління електроспоживанням локального об'єкту дозволяє в режимі реального часу здійснювати моніторинг роботи компонентів генеруючої та споживаної потужності. Описані засоби забезпечують оптимальне функціонування електричної системи локального об'єкту за рахунок максимального використання системою потужності, що генерується сонячною батареєю. Крім того, пристрій забезпечує збір та переробку статистичної інформації для подальшого її використання в розробці прогностичних методів функціонування електроенергетичних систем з відновлювальними джерелами енергії.

Практична значимість. В результаті виконаної роботи була створена електронна система моніторингу та управління електропостачання в енергосистемі локального об'єкту з відповідним формуванням профілів генерації розподілених джерел енергії та необхідного споживання в режимі реального часу для забезпечення ефективного енергоспоживання згідно концепцій автономних розподілених мереж з відновлюваними джерелами енергії та Розумного Будинку.

Ключові слова: розподілені джерела енергії, відновлювані джерела енергії, ефективне енергоспоживання, система моніторингу, локальний об'єкт.

Вступ. В Україні зростаючими темпами імплементується політика енергоефективності на основі прийнятого закону про енергоефективність [1]. Раніше в Україні, як і у всьому світі, виконувалася політика енергозбереження, яка свої основні зусилля направляла на заощадження, збереження енергії, основною рисою якої було зменшення рівня енергоспоживання [2]. Такий підхід характеризується надмірним використанням вичерпних ресурсів та неефективним функціонуванням виробничих систем. Основним напрямком стає заміна концепції енергозаощадження концепцією енергоефективності. Так, міжнародний стандарт ISO 50001:2018 - «Energy management systems — Requirements with guidance for use» (Системи енергоменеджменту. Вимоги та

настанова щодо використання) встановлює вимоги до забезпечення енергоефективного функціонування визначеного енергетичного об'єкту. Очікуваним результатом використання такого стандарту повинно стати постійне поліпшення енергетичних характеристик систем енергоменеджменту [3]. Існуючі та діючі засоби енергоефективного управління електроенергетичними системами ще не досягли своєї функціональної довершеності, тому актуальною залишається задача, яка полягає в розробці засобів ефективного контролю генерації та споживання електричної енергії в системі енергоменеджменту локального об'єкту. Крім того, доцільність виконання таких досліджень обумовлюється розвитком енергоефективних систем генерації та споживання електричної енергії в рамках концепцій SMARTGRID [4,5] та SMARTHOUSE [6,7].

Постановка завдання. Основною характеристикою енергоефективної електричної системи є оптимальне співвідношення між згенерованою та спожитою потужностями. Ключовим критерієм є максимальне використання потужності відновлюваних джерел енергії для відповідного очікуваного профілю споживання. Щоб досягти цієї цілі, необхідно розробити пристрій для моніторингу та управління параметрами електроенергетичної системи локального об'єкту. Цей пристрій складається з взаємозв'язаної сукупності засобів (модулів), кожен з яких відповідає за певну визначену функцію (модулі управління, моніторингу параметрів та виконавчий модуль).

Таким чином, метою дослідження є розробка системи моніторингу електропостачання та споживання з відповідним формуванням профілів генерації та навантаження. Співставлення цих профілів реалізує алгоритм управління функціонуванням електроенергетичної системи локального об'єкту.

Результати дослідження. Електрична система локального об'єкту в загальному вигляді складається з системи генерації та системи навантаження. Система генерації - це генеруючі пристрої, до яких відносяться відновлювані джерела енергії (сонячні батареї (СБ), вітрогенератори (ВЕ)), дизельні генератори, акумуляторні батареї та загальна розподільча мережа; система споживання - це пристрої навантаження [8,9]. На рис.1 зображено загальну схему системи моніторингу та управління електропостачанням локального об'єкту.

Схема складається з двох шин: 1) електрична шина (ЕШ) поєднує систему електропостачання 230В (АС) змінної напруги, 2) комунікаційна шина (КШ) здійснює контроль системи та передачу даних. На ЕШ розташовані система споживання (навантаження Н1, Н2, Н3 ...) та розподілених джерел генерації електричної енергії. Система розподіленої генерації під'єднана до загальної мережі. На ЕШ розташовані додаткові елементи - датчики струму та напруги (червоні кільця), - електричні реле, які вмикають або вимикають навантаження та генерацію. Модуль керування, що розташований на КШ, обробляє сигнали датчиків згідно заданим алгоритмам. Персональний комп'ютер (ПК) служить для вводу та виводу інформації, сервер (хмарне сховище) призначений для резервного збереження та обробки інформації з можливістю віддаленого доступу. На рис.2 представлена структурно-функціональна схема електронної системи для забезпечення оптимального функціонування системи електропостачання локального об'єкту.

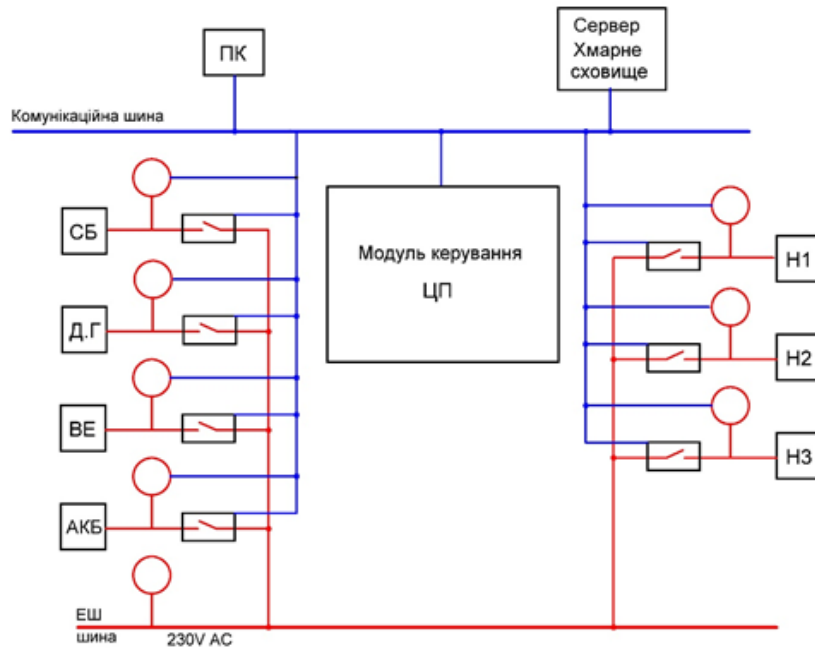


Рис.1. Загальна схема системи моніторингу та управління електропостачанням локального об'єкту

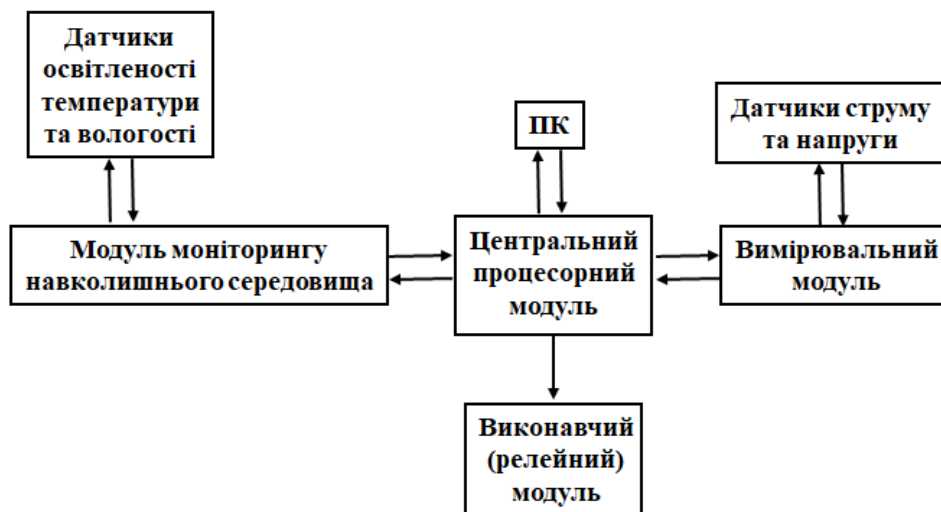
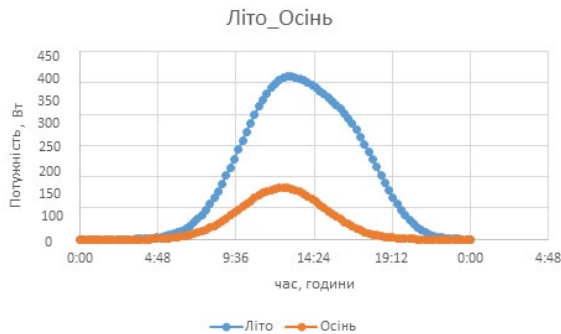


Рис.2. Структурно-функціональна схема системи моніторингу та управління

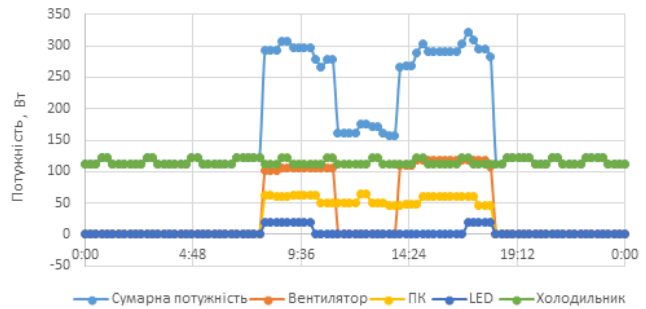
Система складається з трьох типів модулів:

- центральний процесорний модуль (контролер керування) - призначений для одержання та попередньої обробки інформації з інтерфейсних модулів;
- модуль контролю стану оточуючого середовища (складається з датчиків вологості, температури та освітленості) - призначений для одержання інформації про температуру, вологість та освітлення;
- контрольно-вимірювальний модуль (складається з датчиків струму та напруги, виконавчих пристроїв для кіл споживання та генерації) - призначений для вимірювання напруги та струму споживача/генератора і керування виконуючим механізмом.

Розроблена нами система моніторингу дозволяє сформувати денний сумарний профіль, як генерації, так і споживання електричної енергії, на прикладі локального об'єкту (Центр енергоефективності КНУТД [10]), що складається з СБ [11] та електричних пристроїв (навантажень), що включають в себе вентилятор, ПК, LED та холодильник (рис. 3).



а) профіль генерації СБ



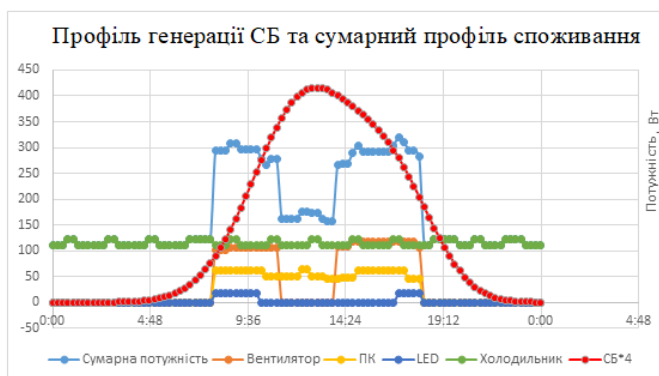
б) профілі (сумарний профіль) навантаження

Рис. 3. Денний сумарний профіль генерації та споживання електричної енергії в локальному об'єкті

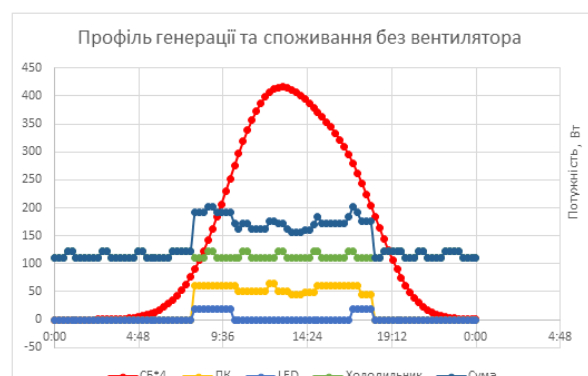
Пріоритетність підключення навантажень задається у визначеному порядку (чим менша цифра, тим вищий пріоритет):

1. Холодильник;
2. Лампи;
3. ПК;
4. Вентилятор

Максимальна ефективність електроспоживання в системі електропостачання локального об'єкту виконується при умові, коли площа, що обмежена лініями профілю споживання буде максимально знаходитися у площі кривої профілю генерації СБ. Так, накладені один на одного сумарні профілі генерації та споживання показують, що, для оптимального функціонування електричної системи локального об'єкту, потрібно підключати у визначені проміжки часу зовнішню електричну мережу (рис. 4а).



а)



б)

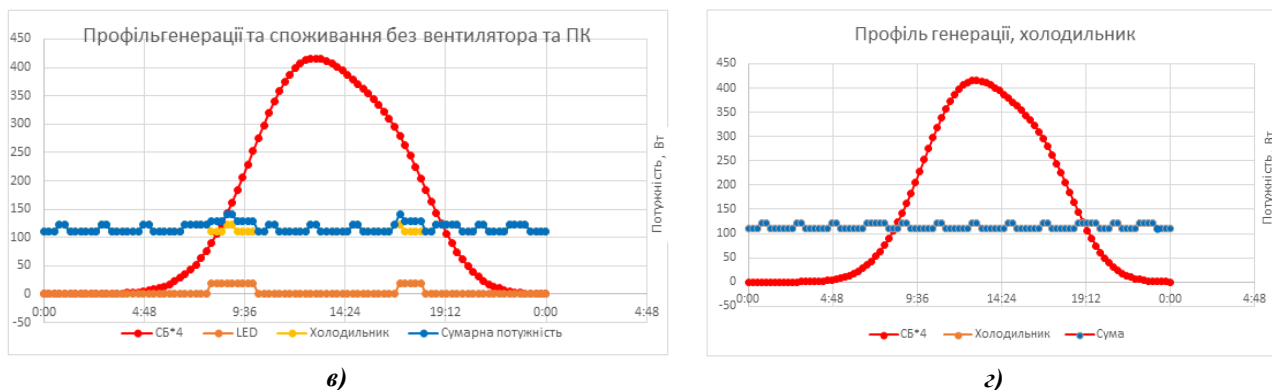


Рис. 4. Накладені профілі генерації та навантаження

Як видно з рис. 4, сумарне навантаження може бути забезпечено СБ тільки в інтервалі 10.15 до 16.45, лампи можна ввімкнути о 8.45, а в інтервалі з 8.30 до 19.00 потужності СБ вистачає лише для живлення холодильника.

Таким чином, для ефективного функціонування системи електропостачання локального об'єкту необхідно виконати наступні операції. В ЦП вводиться номінальна потужність холодильника, нижче якого він не може функціонувати. На ЦП приходить сигнал від датчика струму СБ. Коли величина потужності СБ стає рівною потужності холодильника відбувається ввімкнення в електромережу локального об'єкту. Далі в пріоритетності підключення знаходиться LED, потужність якої додається до холодильника і записується в пам'ять процесора. Коли потужність СБ досягає цієї величини, відбувається відключення LED від загальної мережі, якщо вона була підключена і підключається до СБ. В списку пріоритетності наступним приладом є ПК, потужність якого додається до потужності попереднього приладу і також записується до пам'яті процесора. Коли потужність СБ досягає цієї величини відбувається переключення від загальної мережі до СБ. В свою чергу, останній пристрій, вентилятор, підключається до СБ в той момент, коли її потужності достатньо для живлення всіх чотирьох пристроїв. У випадку падіння потужності СБ (хмарність, опади) відбувається порівняння сумарної потужності навантажень та, згідно пріоритетності, здійснюється вимкнення необхідного пристрою для досягнення безперебійного живлення локального об'єкту.

Висновки.

1. Були створені технічні засоби, що складаються з центрально-процесорного, вимірювального та виконавчого блоків для моніторингу та управління генерацією та споживанням електричної енергії в енергосистемі локального об'єкту.

2. Ці технічні засоби дозволяють формувати в режимі реального часу профілі генерації та навантаження в системі електропостачання локального об'єкту.

3. Описані засоби в неперервному режимі забезпечують оптимальне функціонування електричної системи локального об'єкту за рахунок максимального використання системою потужності, що генерується сонячною батареєю.

4. Система забезпечує збір та переробку статистичної інформації для подальшого її використання в розробці прогностичних методів функціонування електроенергетичних систем з відновлювальними джерелами енергії.

Література

1. Закон України «Про енергозбереження» №74 / 94-ВР, 1994. / Відомості Верховної Ради. - 1994. - № 30. - С.283.
2. Стогній Б.С. Інтелектуальні електричні мережі: світовий досвід і перспективи України / Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, А. В. Праховник, С. П. Денисюк // Праці Ін-ту електродинаміки НАН України : спец. вип. Ч. 1. Київ. - 2011. - С. 5-20.
3. ISO 50001:2018 Energy management systems — Requirements with guidance for use. <https://www.iso.org/standard/69426.html>.
4. Каплун В. В. Аналіз методів оптимізації мікроенергетичних систем (MicroGrid) на основі джерел розподіленої генерації / В. В. Каплун, О. П. Кравченко, В. В. Василенко, С. С. Макаревич, Р. В. Каплун // Вісник КНУТД. Технічні науки. - 2015. - № 2 (84). - С. 5-17.
5. Bayindir R. Smart grid technologies and applications / R.Bayindir, I.Colak, G.Fulli, K.Demirtas// Renewable and Sustainable Energy Reviews.-2016. - V.66. - P.499-516.
6. Muhammad R.A. A Review of Smart Homes—Past, Present, and Future / Muhammad R.A., Mamun B.I., Mohd A.M.// IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews). - 2012. - V.42. - N6. - P.1190 - 1203.
7. Harper R. Inside the Smart Home / Harper R. // Springer-Verlag Ltd. - London. - 2003. - P.278.
8. Shavolkin O. Three-phase Grid Inverter for Combined Electric Power System with a Photovoltaic Solar Battery / O. Shavolkin, I. Shvedchykova, O. Kravchenko // 2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). - 2019. - Kremenchuk, Ukraine. - P.318-321.
9. Govorov P.P. Management of modes of distributive electric networks of cities under conditions of weak correlation of graphics of active and reactive power / P.P. Govorov, V.O. Novskiy, V.P. Govorov, A.K. Kindinova // Tekhnichna elektrodynamika. - 2020. - N4. - P.60-66.
10. Центр енергоефективності Київського національного університету технологій та дизайну. <https://knutd.edu.ua/university/ce/>
11. Каплун В. В. Оцінювання рівнів генерації електричної енергії сонячною

References

1. Zakon Ukrainy «Pro enerhozberezhennia» №74 / 94-VR, 1994. [Law of Ukraine "On Energy Conservation"] Vidomosti Verkhovnoi Rady - Bulletin of the Supreme Council, 30, P.283. [in Ukrainian].
2. Stohnii B.S. Intelktualni elektrychni merezhi: svitovyi dosvid i perspektyvy Ukrainy [Intelligent electrical networks: world experience and prospects of Ukraine] B. S. Stohnii, O. V. Kyrylenko, A. V. Prakhovnyk, S. P. Denysiuk. Pratsi In-tu elektrodynamiky NAN Ukrainy [The proceedings of the institute of electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine]. Kyiv, 2011, N.1. P.5-20. [in Ukrainian, in English].
3. ISO 50001:2018 Energy management systems — Requirements with guidance for use. <https://www.iso.org/standard/69426.html>.
4. V. V. Kaplun, O. P. Kravchenko, V. V. Vasylenko, S. S. Makarevych, R. V. Kaplun (2015). Analiz metodiv optymizatsii mikroenerhetychnykh system (MicroGrid) na osnovi dzhерel rozpodilenoї heneratsii [Analysis method for optimizing micro energy systems (microgrid) based on the distributed energy sources]. Visnik KNUTD - Bulletin of KNUTD, 2 (84), P. 5-17 [in Ukrainian].
5. R.Bayindir Smart grid technologies and applications/ R.Bayindir, I.Colak, G.Fulli, K.Demirtas // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. - V.66, P.499-516.
6. Muhammad R.A. A Review of Smart Homes—Past, Present, and Future / Muhammad R.A., Mamun B.I., Mohd A.M.// IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews). - 2012. - V.42. - N6. - P.1190 - 1203.
7. Harper R. Inside the Smart Home / Harper R. // Springer-Verlag Ltd. - London. - 2003. - P.278.
8. Shavolkin O. Three-phase Grid Inverter for Combined Electric Power System with a Photovoltaic Solar Battery / O. Shavolkin, I. Shvedchykova, O. Kravchenko // 2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). - 2019. - Kremenchuk, Ukraine. - P.318-321.
9. Govorov P.P. Management of modes of distributive electric networks of cities under conditions of weak correlation of graphics of active and reactive power. P.P. Govorov, V.O. Novskiy, V.P. Govorov, A.K. Kindinova. Tekhnichna elektrodynamika [Technical electrodynamics]. - 2020. - N4. - P.60-66.
10. Energy efficiency center. Kyiv National University of Technologies and Design. <https://knutd.edu.ua/university/ce/>
11. V. V. Kaplun, O. P. Kravchenko, E. H. Manoilov (2016). Otsiniuvannia rivniv heneratsii elektrychnoi

батареєю на основі статистичних даних / В. В. Каплун, О. П. Кравченко, Е. Г. Манойлов // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. - 2016. - № 6 (104). - С. 26-33.

enerhii soniachnoiu batareieiu na osnovi statystychnykh danykh [Evaluation of levels electric power generation solar panels on the basis of statistical data]. Visnik KNUTD - Bulletin of KNUTD, 6 (104), P. 49-57 [in Ukrainian].

MANOILOV EDUARD

silitech@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0003-2798-9907>

Lashkarev's Institute of Semiconductor Physics, NANU

MALY YAROSLAV

Kyiv National University of Technologies and Design

yarikmaly2899@ukr.net

OLGA KRAVCHENKO

olgakravchenko111@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7262-0899>

Kyiv National University of Technologies & Design

HENNADII BABYCH

Kyiv National University of Technologies and Design

realbigfoot@bigmir.net

СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛОКАЛЬНОГО ОБЪЕКТА

КРАВЧЕНКО О.П.¹, МАНОЙЛОВ Э.Г.², БАБИЧ Г.А.¹, МАЛЫЙ Я.С.¹

¹Київський національний університет технологій та дизайну

²Институт физики полупроводников им. Лашкарёва В.Е., НАНУ

Цель. Создание электронной системы мониторинга и управления в системе электроснабжения локального объекта для достижения эффективного соотношения между генерацией и потреблением электрической энергии.

Методика. При исследовании использовалась теория электрических цепей и электронных схем.

Результаты. Была создана электронная система мониторинга и управления электроснабжением в энергосистеме локального объекта. Система состоит из трех модулей: центрального процессора, модуля мониторинга параметров окружающей среды и исполнительного модуля, который состоит из измерительного блока (ток, напряжение) и релейной блока. Центральный процессорный модуль обрабатывает сигналы, поступающие от мониторингового и измерительного блоков исполнительного модуля, обрабатывает их и формирует исполнительные команды на релейный блок для включения / выключения потребителей мощности или генерирующих устройств. Разработанная система позволяет, с одной стороны, осуществлять максимальный отбор мощности от распределенных (возобновляемых) источников энергии, и с другой стороны, гибкое регулирование потребления мощности в энергосистеме локального объекта для достижения эффективного соотношения между генерацией электрической энергии, которая обеспечивается распределенными источниками энергии и общей распределительной сетью, и суммарным потреблением устройствами нагрузки.

Научная новизна. Электронная система мониторинга и управления электропотреблением локального объекта позволяет в режиме реального времени осуществлять мониторинг работы компонентов генерирующей и потребляемой мощности. Система позволяет создавать энергетические профили в режиме реального времени, на базе которых формируется алгоритм управления исполнительным блоком для достижения эффективного соотношения между генерацией и потреблением электроэнергии в энергосистеме локального объекта.

Практическая значимость. В результате проделанной работы была создана электронная система мониторинга и управления электроснабжения в энергосистеме локального объекта с соответствующим формированием профилей генерации распределенных источников энергии и необходимого потребления в режиме реального времени для обеспечения эффективного энергопотребления согласно концепции распределенных электрических сетей с возобновляемыми источниками энергии и Умного Дома.

Ключевые слова: распределенные источники энергии, возобновляемые источники энергии, эффективное энергопотребление, система мониторинга, локальный объект.

MEANS FOR PROVIDING OPTIMAL FUNCTIONALITY OF THE LOCAL OBJECT ELECTRICAL SYSTEM

KRAVCHENKO O. P.¹, MANOILOV E. G.², BABICH G. O.¹, MALY Y.S.¹

¹Kyiv National University of Technologies and Design

²Lashkarev's Institute of Semiconductor Physics, NANU

Purpose. Development of electronic monitoring and control system for achieving an effective ratio between electrical energy generation and consumption in the local object power supply system.

Methodology. The theory of electrical circuits and electronic circuits were used.

Obtained results. The electronic system for monitoring and controlling power supply in the local object power system was developed. The system comprises three modules: central processor, module for monitoring environment parameters and executive module which consists of measuring (current, voltage) and relay blocks. The central processor processes signals from monitoring and measuring blocks and forms executive commands on relay block in order to switch on/off consumer loads and electric generators. Developed systems allows both maximal power take-off from distributed (renewable) energy sources and flexible implementation of power consumption regulation for achieving an effective ratio between the generation of electrical energy provided by renewable energy sources and the general distribution network, and the total load device consumption in the local object power system.

Originality. The electronic monitoring and controlling system in the local object power system allows providing generated and consumed loads monitoring in the real time. The system provides an ability to form real time energy profiles based on which the control algorithm for executive block control is formed in order to achieve an effective ratio between generation and consumption of electricity in the power system of the local facility. In power consumption control system has been developed, which consists of a central processor, monitoring and executive units. The monitoring unit allows you to create energy profiles in real time, on the basis of which the control algorithm in the executive unit is formed in order to achieve an effective ratio between the electricity generation and consumption in the local object power system.

Practical value. As a result of the presented work, an electronic system for monitoring and controlling electricity supply in the local object power system with the defined formation of distributed energy sources generation and required consumption profiles in the real time was developed to provide efficient energy consumption according to the concepts of distributed electrical networks with renewable energy sources and Smart House.

Keywords: distributed energy sources, renewable energy sources, energy efficiency, monitoring system, local object.