

УДК 621:31

С. С. КОЗЛОВ**АНАЛІЗ РЕЖИМІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ КОМПЛЕКСУ НЕКОГЕРЕНТНОГО РОЗСІЯННЯ ІНСТИТУТУ ІОНОСФЕРИ НАН І МОН УКРАЇНИ**

У даній статті представлені результати аналізу режимів енергоспоживання комплексу некогерентного розсіяння Інституту іоносфери НАН і МОН України з метою вирішення проблеми підвищення енергоефективності науково-дослідного комплексу та створення енергоефективної системи електропостачання, яка забезпечить стійку роботу наукового обладнання для виконання дослідницьких програм НАН України. Описана система електроживлення комплексу та режими енергоспоживання комплексу. Описано пристрої радарної системи, а також найбільш потужні споживачі електроенергії, які споживають електроенергію на експериментальні і господарські потреби. Проаналізовано енергоспоживання комплексу некогерентного розсіяння за 2013 р. Отримано і представлено графіки середньої споживаної потужності (середньодобовий показник) і середньої споживаної потужності в режимі вимірювань. Описана доцільність проведення робіт з оптимізації енергопостачання науково-дослідного комплексу Інституту іоносфери. Запропоновано можливі заходи для зниження економічної вартості проведення експериментів з дослідження іоносфери науково-дослідного комплексу некогерентного розсіяння. Проведено аналіз робіт сучасних авторів з метою показати, що підвищення ефективності функціонування систем електропостачання є актуальною проблемою сучасних досліджень.

Ключові слова: іоносфера, радар некогерентного розсіяння, режими вимірювань, система електропостачання, енергоспоживання, енергоефективність, середня споживана потужність.

С. С. КОЗЛОВ**АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ КОМПЛЕКСА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ ИНСТИТУТА ИОНОСФЕРЫ НАН И МОН УКРАИНЫ**

В данной статье представлены результаты анализа режимов энергопотребления комплекса некогерентного рассеяния Института ионосферы НАН и МОН Украины с целью решения проблемы повышения энергоэффективности научно-исследовательского комплекса и создания энергоэффективной системы электроснабжения, которая обеспечит устойчивую работу научного оборудования для выполнения исследовательских программ НАН Украины. Описана система электропитания комплекса и режимы энергопотребления комплекса. Описаны устройства радарной системы, а так же наиболее мощные потребители электроэнергии, которые расходуют электроэнергию на экспериментальные и хозяйственные нужды. Проанализировано энергопотребление комплекса некогерентного рассеяния за 2013 г. Получены и представлены графики средней потребляемой мощности (среднесуточный показатель) и средней потребляемой мощности в режимах измерений. Описана целесообразность проведения работ по оптимизации энергоснабжения научно-исследовательского комплекса института ионосферы. Предложены возможные меры для снижения экономической стоимости проведения экспериментов по исследованию ионосферы научно-исследовательского комплекса некогерентного рассеяния. Проведен анализ работ современных авторов с целью показать, что повышение эффективности функционирования систем электроснабжения является актуальной проблемой современных исследований.

Ключевые слова: ионосфера, радар некогерентного рассеяния, режимы измерений, система электроснабжения, энергопотребление, энергоэффективность, средняя потребляемая мощность.

С. С. КОЗЛОВ**ANALYSIS OF THE MODES OF ENERGY CONSUMPTION OF THE COMPLEX OF AN INCOHERENT SCATTERING OF THE INSTITUTE OF IONOSPHERE OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES AND THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**

This article presents the results of the analysis of the energy consumption modes of the incoherent scattering complex of the Institute of Ionosphere of the National Academy of Sciences and the Ministry of Education and Science of Ukraine to solve the problem of increasing the energy efficiency of a research complex and creating an energy efficient power supply system that will ensure the sustainability of scientific equipment for research programs of the National Academy of Sciences of Ukraine. The system of power supply of the complex and modes of power consumption of the complex are described. The devices of the radar system are described, as well as the most powerful consumers of electricity, which consume electricity for experimental and economic needs. The energy consumption of the incoherent scattering complex in 2013 is analyzed. Graphs of the average power consumption (daily average) and average power consumption in measurement modes were obtained and presented. The feasibility of work to optimize the energy supply of the research complex of the institute of the ionosphere is described. Possible measures are proposed to reduce the economic cost of conducting experiments on the study of the ionosphere of an incoherent scattering research complex. The analysis of the works of modern authors is carried out in order to show that increasing the efficiency of the power supply systems is an actual problem of modern research.

Keywords: ionosphere, incoherent scatter radar, measurement modes, power supply system, power consumption, energy efficiency, average power consumption.

Вступ. Головними завданнями проектування і експлуатації сучасних систем електропостачання є правильне визначення електричних навантажень, раціональна передача та розподіл електроенергії, забезпечення необхідного ступеня надійності електропостачання, забезпечення необхідної якості електроенергії на затискачах електроприймачів, забезпечення електромагнітної сумісності приймачів

електричної енергії з мережею живлення, економія електроенергії та інших матеріальних ресурсів.

Вивчення режимів роботи електроустановок великої потужності з урахуванням вимог до якості електроенергії та надійності електропостачання є необхідністю для формування систем електропостачання об'єкту в цілому. Одними з важливих питань режиму систем електропостачання є споживання і регулювання активної потужності

© С. С. Козлов, 2018

об'єктами та електроустановками великої потужності, раціональне регулювання добового графіка активного навантаження і обмеження споживаної потужності в аварійних умовах при зниженні якості електроенергії в енергосистемі.

Компенсація реактивної потужності в промислових електричних мережах, особливо з урахуванням електромагнітної сумісності приймачів електричної енергії з мережею живлення, є так само одним з найбільш дискусійних питань в електропостачанні [1].

Комбіноване використання традиційних джерел енергії з різними екологічно чистими альтернативними джерелами енергії дозволяє покрити потреби в електроенергії та підвищити рівень надійності електропостачання, підвищити енергоефективність та знизити економічну вартість проведення експериментів.

Інститут іоносфери є великим світовим науковим центром з унікальним інструментом для дослідження навколосемного космічного простору і сонячно-земних зв'язків. Науково-дослідний комплекс Інституту є об'єктом Національного надбання України. З кожним роком, в зв'язку зі зростанням вартості електроенергії, проведення експериментів становиться дорожчим. Тому підвищення ефективності функціонування системи електропостачання Інституту іоносфери є актуальною проблемою на даний час.

Метою даної статті є графічне відображення результатів обробки даних, отриманих під час вимірювань добового активного навантаження системи енергоспоживання Інституту іоносфери та активного навантаження системи енергоспоживання у режимі проведення вимірювань, а також аналіз сучасних методів для підвищення ефективності функціонування систем електропостачання.

Опис системи енергоспоживання Інституту іоносфери. Експериментальний комплекс Інституту є великим енергоспоживачем. Середня споживана потужність радіопередавального пристрою радара некогерентного розсіяння складає близько 100 кВт, а імпульсна 2 МВт [2]. Нагрівний стенд декаметрового діапазону споживає 200 кВт. Крім пристроїв радарної системи на полігоні знаходяться десятки потужних споживачів, які витрачають електроенергію на експериментальні та господарські потреби. Серед таких пристроїв можна виділити багатоконтурну водяну систему охолодження передавача близько 30 кВт, дистиллятори 500 кВт, електрокотли 18 кВт і ін. З огляду на специфіку комплексу, об'єкт живиться від багатопотокової високовольтної трифазної системою електроживлення 10 кВ. Після більш десятка понижуючих трансформаторів 1000 кВА, 560 кВА, 250 кВА електроживлення розходить по споживачах. При цьому частина обладнання живиться від змінної гармонійної напруги частотою 50 Гц і 400 Гц, а частина постійними напругами +125 В, +/-60 В, +/-27 В, +/-15 В, +/-12 В та ін. Напруга частотою 400 Гц забезпечується двома перетворювачами трифазного струму ПСЧ-30к і одним перетворювачами трифазного струму ПСЧ-50к. Значення ККД таких перетворювачів за технічними паспортами 75% та 80% відповідно.

На рис. 1 приведено енергоспоживання експериментального комплексу за перше півріччя 2013 р. На цьому прикладі видно, що енергоспоживання радіополігону нерівномірно. У режимі вимірювань енерговитрати в десятки разів перевищують середньодобові показники, що вимагають додаткового енергетичного потенціалу енергогенеруючих установок.

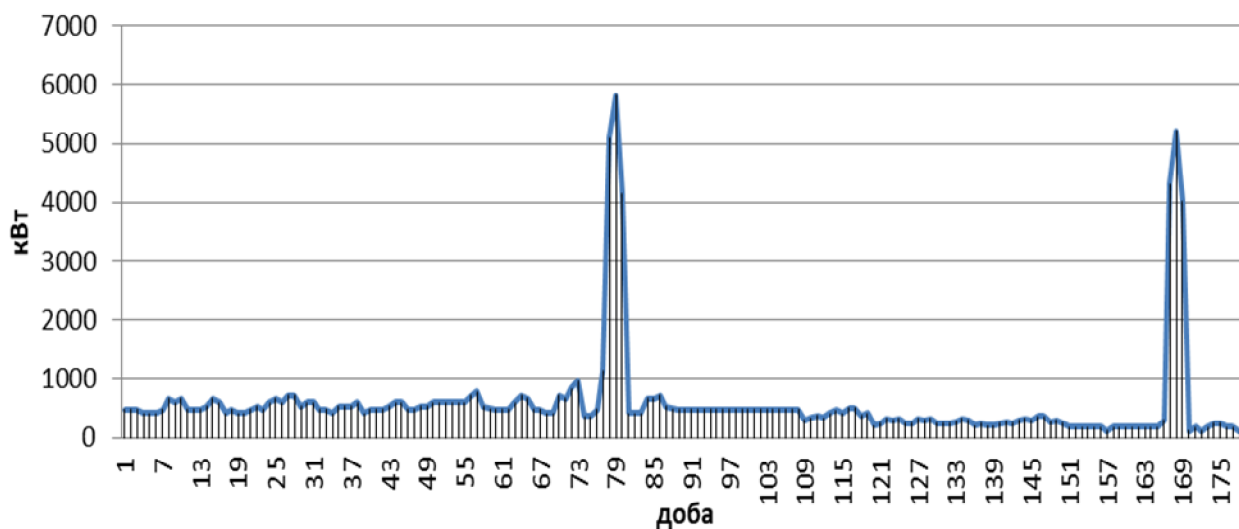


Рис. 1. Енергоспоживання експериментального комплексу за перше півріччя 2013 р.

Опис режимів енергоспоживання Інституту та результати обробки даних.

На рис. 2 та рис. 3 приведені графіки енергоспоживання радіополігону Інституту іоносфери у зимовій та літній періоди.

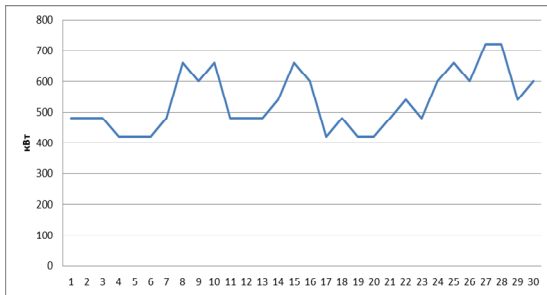


Рис. 2. Споживання у зимовий період

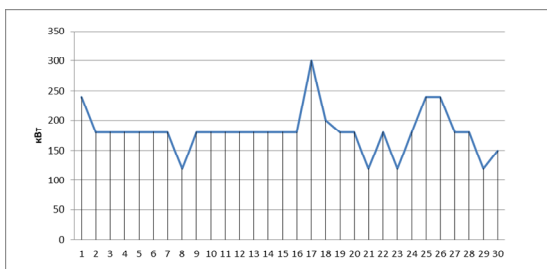


Рис. 3. Споживання у літній період

Середнє значення при відсутності вимірювань досягають 530 кВт та 200 кВт на добу відповідно. Під час проходження експерименту енергоспоживання досягає 5 МВт на добу. Більшість потужних споживачі мають різні режими роботи та як наслідок різний розподіл енергоспоживання на протязі доби та пори року.

Проблема підвищення енергоефективності науково-дослідного комплексу Інституту іоносфери привела до необхідності створення гібридної енергетичної системи, що забезпечує стійку роботу наукового обладнання для виконання дослідницьких програм [3]. Інтервал часу доби з максимальним навантаженням енергосистеми характеризується високим енергетичним потенціалом сонячних і вітрогенеруючих установок, що дозволяє, з деякими обмеженнями відмовитися від споживання електроенергії з промислової сеті в денний час.

Аналіз літератури, щодо підвищення ефективності функціонування систем електропостачання. У рішенні проблеми підвищення ефективності функціонування систем електропостачання, а також поліпшення якості електроенергії можна виділити три напрямки:

1. Рационалізація засобів електропостачання. Сюди відносяться: підвищення потужності мережі; живлення споживачів, що володіють нелінійними вольт-амперними характеристиками, підвищеною напругою; комбіноване використання традиційних джерел енергії з альтернативними джерелами енергії.

2. Удосконалення самих споживачів: номінальне навантаження двигунів, використання багатофазних схем випрямлення, заміна діодів (або тиристорів) випрямляча цілком керованими приладами (транзисторами або тиристорами, що замикаються, і перехід до активного керування потоком енергії) і ін.

3. Використання пристроїв корекції якості електроенергії, або регуляторів одного або декількох показників якості електроенергії, або зв'язаних з ними параметрів споживаної потужності.

Цим питанням присвячена велика кількість наукових праць, що знайшли відображення в численних публікаціях фахівців у цій області.

Опубліковано низку наукових робіт, присвячених вирішенню завдань поліпшення якості електроенергії мережі живлення, наприклад [4 – 6], в яких сформульовані основні принципи і підходи до вирішення проблеми якості електроенергії мережі живлення а так само запропоновані різні варіанти побудови пристроїв компенсації неактивної потужності живильної мережі.

Проблеми та перспективи розвитку альтернативної енергетики досліджуються у наукових працях С. Войтка [7], О. Дячука [8, 9], Б. Серебреннікова [10], С. Нараєвського [11], С. О. Кудрі [12], Ю. П. Морозова, В. Ф. Рєзцова, П. Ф. Васько, Г. М. Забарного, В. П. Ключа, А. Р. Щокіна та ін.

У той же час аналіз наукових праць свідчить, що низка проблемних питань потребує подальшого вивчення, виникає потреба в поліпшення існуючих науково-методичних підходів до визначення результативності функціонування різних видів заходів альтернативної енергетики з метою розробки рекомендацій щодо їх удосконалення.

Висновки. Аналіз робіт сучасних авторів показав, що підвищення ефективності функціонування систем електропостачання є актуальною проблемою сучасних досліджень. Аналіз режимів енергоспоживання комплексу некогерентного розсіяння Інституту іоносфери НАН і МОН України показав необхідність вирішення проблеми підвищення енергоефективності науково-дослідного комплексу та створення енергоефективної системи електропостачання, яка забезпечить стійку роботу наукового обладнання для виконання дослідницьких програм. Для зниження економічної вартості проведення експериментів з дослідження іоносфери науково-дослідного комплексу некогерентного розсіяння запропоновано комбіноване використання традиційних джерел енергії з альтернативними джерелами енергії.

Мета подальших досліджень, щодо створення енергоефективної системи електропостачання науково-дослідного комплексу Інституту іоносфери, полягає в аналізі методичних підходів до обґрунтування вибору джерела електропостачання та у розвитку теоретичних концепцій і методичних

рекомендацій, щодо наукового обґрунтування практичних розробок впровадження відновлюваних джерел енергії.

Список літератури

1. Иванов В.С. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий / В.С. Иванов, В.И. Соколов. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 336 с.: ил. (Экономия топлива и электроэнергии)
2. С.С. Козлов, Оптимізація енергопостачання науково-дослідного комплексу інституту іоносфери // Матеріали I Міжнародної науково-технічної конференції «Актуальні проблеми автоматики та приладобудування» 2017 – С. 226-227
3. С.С. Козлов, Математическое моделирование системы электроснабжения научно-исследовательского комплекса Института ионосферы // XXVI міжнародна науково-практична конференція MicroCad-2018. Секція №15. ч.3 С.310
4. Левон О. О. Напівпровідниковий двоканальний регульований компенсатор неактивних складових повної потужності: дис... канд. техн. наук: 05.09.12 / Левон Олена Олександрівна. - Х., 2015. - 200 с.
5. Asiminoaei L., Lascu C., Blaabjerg F., Boldea I. Performance Improvement of Shunt Active Power Filter With Dual Parallel Topology. *IEEE Transactions on Power Electronics*. Vol. 22. No. 1. 2007. Pp. 247-259.
6. Dixon J., del Valle Y., Orchard M., Ortúzar M., L. Morán L. Maffrand C. A Full Compensating System for General Loads, Based on a Combination of Thyristor Binary Compensator and a PWM-IGBT Active Power Filter. *IEEE Trans. Industrial Electronics*. Vol. 50. No. 5. 2003. Pp. 982-989.
7. Трофименко О. О., Войтко С. В. Функціонування, стратегічний розвиток і регулювання відновлюваної енергетики : монографія / О. О. Трофименко, С. В. Войтко. - К. : Альфа Реклама, 2014. - 178 с.
8. Дячук О. А. Внесок України до нової Глобальної кліматичної угоди / О. А. Дячук // *Економіка і прогнозування*. - 2016. - № 1. - С. 129-141.
9. Дячук О. А. Політика енергоефективності в Україні / О. А. Дячук, Р. З. Подолець, Б. С. Серебренніков, М. Г. Чепелев // *Економіка України*. - 2015. - № 4. - С. 58-69.
10. Нараєвський С. В. Конкурентоспроможність альтернативних технологій отримання енергії : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. ек. наук : спец. 08.00.04 "економіка та управління підприємствами" / Нараєвський С. В. - Київ, 2015. - 24 с.
11. Кудря С. О. Стан та перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні / С. О. Кудря // *Вісник Національної академії наук України*. - 2015. - № 12. - С. 19-26.
12. Кудря С. О. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / С. О. Кудря, В.Ф. Резцов, Т.В. Суржик, Л.В. Яценко, Г.П. Душина, П.Ф. Васько, Ю.П. Морозов, Г.М. Забарний та інші // *Інститут відновлюваної енергетики НАН України*. - 2012. - 60 с.
13. Стратегія розвитку екологічної політики України на період до 2020 року // *Міністерство екології та природних ресурсів України*. URL: <http://old.menr.gov.ua/about/strategy>.
14. Дев'яткіна С. С. Альтернативні джерела енергії : навч. посіб. /С. С. Дев'яткіна, Т. Ю. Шкварницька. - К. : НАУ, 2006. - 92 с.

References (transliterated)

1. Ivanov V.S. Consumption modes and power quality of power supply systems of industrial enterprises / V.S. Ivanov, V.I. Sokolov. - M.: Energoatomizdat, 1987. - 336 Pp.
2. S.S. Kozlov, Optimization of power supply of the research complex of the Institute of the ionosphere // Materials of the 1st International Scientific and Technical Conference "Actual problems of automation and instrumentation" 2017 - P. 226-227
3. S.S. Kozlov, Mathematical modeling of the power supply system of the research complex of the Institute of ionosphere // XXVI International Scientific and Practical Conference MicroCad-2018. Section №15. Part 3 of P.310
4. Levon O. O. Semiconductor dual two-channel regulated compensator of inactive components of the total power: Ph.Dr. tech. sci. diss.: 05.09.12 / NTU "KhPI". Kharkiv. 2015. 200 Pp. (Rus.)
5. Asiminoaei L., Lascu C., Blaabjerg F., Boldea I. Performance Improvement of Shunt Active Power Filter With Dual Parallel Topology. *IEEE Transactions on Power Electronics*. Vol. 22. No. 1. 2007. Pp. 247-259.
6. Dixon J., del Valle Y., Orchard M., Ortúzar M., L. Morán L. Maffrand C. A Full Compensating System for General Loads, Based on a Combination of Thyristor Binary Compensator and a PWM-IGBT Active Power Filter. *IEEE Trans. Industrial Electronics*. Vol. 50. No. 5. 2003. Pp. 982-989.
7. Trofimenko O. O. Functioning, strategic development and regulation of renewable energy: monograph / O. O. Trofimenko, C. B. Voitko. - C. : Alfa Reklama, 2014. - 178 Pp.
8. Dyachuk O. A. Contribution of Ukraine to the new Global Climate Agreement / O. A. Dyachuk // *Economics and Forecasting*. - 2016. - № 1. - P. 129-141.
9. Dyachuk O. A. Energy Efficiency Policy in Ukraine / O. A. Dyachuk, R. Z. Podolec, B. S. Serebrennikov, M. G. Chepelev // *Ukraine economy*. - 2015. - № 4. - P. 58-69.
10. Naraevskiy S. V. Competitiveness of alternative technologies of energy obtaining: author's abstract. dis for obtaining sciences. Degree Candidate eq Sciences: special 08.00.04 "Economics and Management of Enterprises" / S. V. Naraevskiy - Kiev, 2015. - 24 Pp.
11. Kudrya S. O. Status and Prospects for Renewable Energy in Ukraine / S. O. Kudrya // *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. - 2015. - № 12. - P. 19-26.
12. Kudrya S. O. Atlas of energy potential of renewable energy sources in Ukraine / S. O. Kudrya, V.F. Rezcov, T.V. Surghik, L.V. Yacenco, G.P. Dushina, P.F. Vasko, Y.P. Morozov, G.M. Zabarnui and others // Renewable Energy Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine. - 2012. - 60 Pp.
13. Strategy of development of ecological policy of Ukraine for the period till 2020 // *Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine*. URL: <http://old.menr.gov.ua/about/strategy>.
14. Devyatkina S. S. Alternative sources of energy: teach. manual. /S. S. Devyatkina, T. Y. Shkvarnitska. - K. : NAU, 2006. - 92 Pp.

Поступила (received) 07.12.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Козлов Сергій Сергійович (Kozlov Sergey Sergeevich, Kozlov Serhii Sergeevich) – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», старший викладач кафедри радіоелектроніки; м. Харків, України; ORCID: 0000-0001-9638-5897; e-mail: ksser300@gmail.com