

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»**

**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ТА
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ:
СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ – REMS'21**

Збірник матеріалів конференції



9-11 березня 2021 р.

м. Київ

Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку. Збірник наукових праць VII Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції у місті Києві 9-11 березня 2021 р. – Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021. – 63 с.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ СПІВГОЛОВИ

ДЕНИСЮК Сергій

Директор Інституту енергозбереження та енергоменеджменту НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

ГУРА Костянтин

т. в. о. Голови Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України

ЧЛЕНИ ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ:

Басок Борис, член-кор. НАН України

Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна

Папаїка Юрій,

Національний ТУ «Дніпровська політехніка», Україна

Дешко Валерій, проф.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

Догматов Анатолій, проф.

Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», Україна

Дупак Олександр,

Науково-технічна спілка енергетиків та електротехніків України

Жаркін Андрій, член-кор. НАН України

Інститут електродинаміки НАН України, Україна

Жуйков Валерій, проф.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

Шрам Олександр, доцент

Запорізький національний технічний університет, Україна

Каплун Віктор, проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна

Качан Юрій, проф.

Запорізька державна інженерна академія, Україна

Кіорсак Михайло, проф.

Інститут енергетики АН Молдови, Молдова

Кудря Степан, проф.

Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Україна

Лежнюк Петро, проф.

Вінницький національний технічний університет, Україна

Захарченко Віктор, проф.

Національний авіаційний університет, Україна

Лазуренко Олександр, проф.

НТУ «Харківський політехнічний інститут», Україна

Лі Бернт, проф.

Університетський коледж Телемарк, Норвегія

Гонсалес-Лонгатт Франсіско, проф.

Університетський коледж Телемарк, Норвегія

Маліновський Антон, проф.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Марченко Андрій, проф.

НТУ «Харківський політехнічний інститут», Україна

Садовий Олександр, проф.

Дніпродзержинський державний технічний університет, Україна

Босій Дмитро, проф.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, Україна

Сінчук Олег, проф.

Криворізький національний університет, Україна

Бурбело Михайло, проф.

Вінницький національний технічний університет, Україна

Танкевич Євген, проф.

Інститут електродинаміки НАН України, Україна

Фіалко Наталія, член-кор. НАН України

Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна

Бесараб Олександр,

Одеський національний політехнічний університет, Україна

Щокін Вадим, проф.

Криворізький національний університет, Україна

Сегеда Михайло, проф.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Адреса організаційного комітету конференції:

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Інститут енергозбереження та енергоменеджменту. 03056, Україна, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, корпус 22, к. 315, тел./факс (38-044) 204-85-14; сайт: pems.kpi.ua, e-mail: pems@kpi.ua

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF
UKRAINE**

**National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic
Institute”**

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC-TECHNICAL,
METHODOLOGICAL CONFERENCE**

**PROBLEMS OF ENERGY MANAGEMENT SYSTEM –
PEMS’21**

Conference proceedings



9-11 March 2021

Kyiv

Problems of Energy Management System. Conference proceedings of the 7th International Scientific-Technical, Methodological Conference in Kyiv on 9-11 March, 2021. Kyiv, NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 2021, 63 p.

CONFERENCE PROGRAM COMMITTEE

DEPUTIE HEADS

DENYSIUK Sergey

Director of the Institute of Energy saving and Energy management NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

GURA Kostiantyn

Acting Head of the State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine

Members of program committee:

Basok Borys, Ass. Member of NAS Ukraine

Institute of Engineering Thermophysics NAS Ukraine, Ukraine

Papayika Yuriy,

Dnipro Polytechnic National Technical University, Ukraine

Deshko Valeriy, Prof.

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine

Dogmatov Anatoliy, Prof.

National Aerospace named after M.E. Zhukovsky “KhAI”, Ukraine

Dupak Oleksandr,

Scientific and Technical Union of Power Engineers and Electrical Engineers of Ukraine

Zharkin Andriy, Ass. Member of NAS Ukraine

Institute of Electrodynamics NAS Ukraine, Ukraine

Zhuikov Valeriy, Prof.

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine

Shram Oleksandr, docent

Zaporizhzhia National Technical University, Ukraine

Kaplun Viktor, Prof.

Kyiv National University of Technology and Design, Ukraine

Kachan Yuriy, Prof.

Zaporizhzhya State Engineering Academy, Ukraine

Kiorsak Mychailo, Prof.

Institute of Energy AS Moldova, Moldova

Kudrya Stepan, Prof.

Institute of Renewable Energy NAS Ukraine, Ukraine

Lezhniuk Petro, Prof.

Vinnytsya National Technical University, Ukraine

Zakharchenko Viktor, Prof.

National Aviation University, Ukraine

Lazurenko Oleksandr, Prof.

National Technical University “KhPI”, Ukraine

Lie Bernt, Prof.

Telemark University College, Norway

Francisco Gonzalez-Longatt, Prof.

Telemark University College, Norway

Malinovsky Anton, Prof.

Lviv Polytechnic National University, Ukraine

Marchenko Andriy, Prof.

National Technical University “KhPI”, Ukraine

Sadovyi Oleksandr, Prof.

Dniprodzerzhynsk State Technical University, Ukraine

Bosyy Dmytro, Prof.

Dnipro National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Ukraine

Sinchuk Oleg, Prof.

Kryvyi Rih National University, Ukraine

Burbelo Mykhaylo, Prof.

Vinnytsia National Technical University, Ukraine

Tankevych Yevgen, Prof.

Institute of Electrodynamics NAS Ukraine, Ukraine

Fialko Nataliya, Ass. Member of NAS Ukraine

Institute of Engineering Thermophysics NAS Ukraine, Ukraine

Besarab Oleksandr,

Odessa National Polytechnic University, Ukraine

Shchokin Vadym, Prof.

Kryvyi Rih National University, Ukraine

Shcheda Mykhaylo, Prof.

Lviv Polytechnic National University, Ukraine

Organizational committee of the conference:

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Institute of Energy saving and Energymanagement. 3056, Ukraine, Kyiv, 115 Borshchagivska st., b. 22, r. 315, tel./fax (38-044) 204-85-14; e-mail: pems@kpi.ua, link: pems.kpi.ua

ЗМІСТ

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Басок Б. І., Базєєв С. Т., Курасва І. В. КОМУНАЛЬНА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА: ПОЛІТИКА АДАПТАЦІЇ ДО ЗМІН КЛІМАТУ	7
Басок Б. І., Бєляєва Т. Г., Хибина М. А. СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ В СФЕРІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ	8
Денисюк С. П. ПРІОРИТЕТИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ НА ПЕРІОД ДО 2050 РОКУ	10
Денисюк С. П., Коцар О. В., Шовкалюк М. М. ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ З ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СЕРТИФІКАЦІЇ ТА ОБСТЕЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ БУДІВЕЛЬ В ІЕЕ КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО	12
Дешко В. І., Кузьміна Ю. С., Шовкалюк М. М. БАЗА ДАНИХ СЕРТИФІКАТИВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ: АНАЛІЗ ДЛЯ НОВОГО БУДІВНИЦТВА	14
Костюк В. О., Сідоров О. Ф. ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ МІЖСИСТЕМНИМ САЛЬДО ПОТУЖНОСТІ ОБ'ЄДНАНОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ	16

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

Zuievsk N, Al-Talabani Mohammed Hussein FEASIBILITY STUDY OF USING DIAPHRAGM WALL IN URBAN CONSTRUCTION	19
Басок Б. І., Гончарук С. М., Приємченко В. П., Коваленко М. П. СИСТЕМА КАЛІБРУВАННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ СЕНСОРІВ ВИМІРЮВАННЯ ГУСТИНИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ	21
Басок Б. І., Давиденко Б. В., Новіков В. Г., Бєляєва Т. Г. НЕСТІЙКІСТЬ ПОВІТРЯНОЇ ТЕЧІЇ У ВЕРТИКАЛЬНИХ КАНАЛАХ З ВНУТРІШНІМ ВІДВЕДЕННЯМ ТЕПЛОТИ	23
Дерев'янку Д. Г., Зайченко С. В., Беспала Н. Г. МЕТОДИ ОЦІНОВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ КОМУНАЛЬНОЇ СФЕРИ	24
Дешко В. І., Білоус І. Ю., Буяк Н. А. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ ОПАЛЕННЯ НА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	26
Лисенко О. М., Басок Б. І., Андрейчук С. В., Веремійчук Г. М. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТНИХ УМОВ ДЛЯ СПОЖИВАЧІВ ПРИ НЕДОТРИМАННІ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФІКА ПОДАЧІ ТЕПЛОТИ	28
Накорчевський А. І., Басок Б. І., Кужель Л. М. ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ВІКОННИХ СКЛОПАКЕТІВ	29
Новіцька М. П., Басок Б. І. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ У ВІДНОВЛЮВАНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ	30
Яндутьський О. С., Буханенко О. І. МЕТОДИ ПОШУКУ АНОМАЛІЙ В ДАНИХ ВИМІРЮВАНЬ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ	32

МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ

Басок Б. І., Недбайло О. М., Божко І. К., Ткаченко М. В., Новицька М. П. ТЕХНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНОЇ ВІТРО-СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДИНКУ	34
Бойко І. Ю. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ З ДИЗЕЛЬ- ГЕНЕРАТОРАМИ	36
Бориченко О. В., Чернявський А. В. МОДЕЛІ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ДЛЯ ВИМІРЮВАНЬ ТА ВЕРИФІКАЦІЇ ЕНЕРГОРЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ	38
Буратинський І. М. КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СИСТЕМ АКУМУЛЮВАННЯ	40
Веремійчук Ю. А., Пригоцький В. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ГРУП СПОЖИВАЧІВ В УМОВАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	42
Дерев'янюк Д. Г., Колодяжна А., Ницун Ю. ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАНИКІВ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	44
Замулко А. І., Запорожець В. В., Копчиков О. М. РЕКОНСТРУКЦІЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМАТИВНОГО РІВНЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	46
Замулко А. І., Іщенко О. С. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТАРИФІВ НА ПЕРЕРИВАННЯ В УМОВАХ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ	47
Костюк В. О., Луценко Д. М. ОСОБЛИВОСТІ УСТАЛЕНИХ РЕЖИМІВ ВУЗЛА НЕРЕГУЛЬОВАНОЇ МІКРОМЕРЕЖІ З МАЛИМ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИМ ГЕНЕРАТОРОМ	48
Костюк В. О., Луценко Д. М., Радченко В. А. КЕРУВАННЯ СПОЖИВАНОЮ ПОТУЖНІСТЮ МІНІГЕНЕРАТОРІВ У СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗА СХЕМОЮ МІКРОМЕРЕЖІ	51
Романченко О. С. РОЛЬ DSM ТА ДИНАМІЧНОЇ ТАРИФІКАЦІЇ У ПІДВИЩЕННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	55
Сінчук І. О., Берідзе Т. М., Пересунько І. І., Дозоренко О. В., Краснопольський Р. І. ВОДОВІДЛИВНІ УСТАНОВКИ В СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ	56
Шевченко О. М., Шовкалюк М. М. РОЗВИТОК СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО	58
Щокін В. П., Щокіна О. В. ЗАСТОСУВАННЯ ГУМАТОВОГО РЕАГЕНТУ ДЛЯ ПИЛОПРИГНІЧЕННЯ І ДЕГАЗАЦІЇ ПРИ МАСОВИХ ВИБУХАХ	59

УДК 551.582.1

Басок Б.І., член-кор. НАН України, д.т.н., професор, Базєєв Є.Т.,
Інститут технічної теплофізики НАН України
Кураєва І.В.
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П.Семененка НАН України

КОМУНАЛЬНА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА: ПОЛІТИКА АДАПТАЦІЇ ДО ЗМІН КЛІМАТУ

Вступ. Інструментально зафіксований тренд значного зростання глобальної температури з середини ХХ-го століття внаслідок підвищення в атмосфері Землі парникових газів (щодо сучасних поглядів - головним чином CO_2 , CH_4 , N_2O), загострив питання адаптації до змін клімату галузей економіки і життєдіяльності людини.

Проблематика. Адаптація до глобального потепління стосується й комунальній енергетики. Необхідно запропонувати такі заходи і механізми, реалізація яких дозволить гарантувати економічно обґрунтоване комфортне і надійне теплохолодозабезпечення будівель і споруд при зміні клімату.

Мета. Розробка адаптаційних до змін клімату заходів і механізмів при застосуванні інноваційних технологій та обладнання енергоефективних інженерних систем енергозабезпечення будівель, зокрема з використанням відновлюваних джерел енергії та інтелектуальних систем.

Матеріали і методи. Аналітичні і експериментальні дослідження теплопередачі і моніторинг теплових потоків в огорожувальних конструкціях і елементах будівель проводились з розробкою експериментальних інженерних систем енергозабезпечення діагностико-демонстраційної експериментальної пасивної будівлі типу “нуль-енергії” ІТТФ НАН України (площина будівлі — 306 м²).

Результати. Виконано експериментальні розробки інноваційно і енергоефективно орієнтованих із скороченням викидів парникових газів технологій та обладнання систем енергозабезпечення будівель та оптимізація їх архітектурно-будівельних рішень щодо адаптації до змін клімату. З метою розширення і поглиблення теорії і практики підвищення енергоефективності будівель на найближчу перспективу визначено предмети фундаментальних і прикладних досліджень.

Висновки. Розроблені адаптаційні до змін клімату інноваційні, енергоефективні технології і обладнання інженерних систем енергозабезпечення, з використанням відновлюваних джерел енергії, будівель та їх архітектурно-будівельні рішення можуть бути використані в практиці енергозабезпечення житлово-комунальної сфери.

УДК 536.24, 662.917

Басок Б.І., чл.-кор. НАН України, д.т.н., професор,
Беляєва Т.Г., канд. техн. наук,
Хибина М.А., канд. техн. Наук,
Інститут технічної теплофізики НАН України

СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ В СФЕРІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

«Енергоефективні будівлі» як новий напрямок в експериментальному будівництві з'явилися після світової енергетичної кризи 1974 року. Головною метою було виявлення сумарного ефекту енергозбереження від використання архітектурних та інженерних рішень, спрямованих на економію енергетичних ресурсів. В подальшому з середини 90-х років пріоритет віддається тим енергозберігаючим рішенням, які одночасно сприяють підвищенню якості мікроклімату, що виходить на перший план у порівнянні з енергозбереженням. Крім того, екологічні проблеми є найактуальнішою проблемою сучасності, в зв'язку з чим, виникає новий концептуальний науковий напрямок в проектуванні і будівництві нешкідливих і енергоекономічних будівель. Це створює цілий ряд інноваційних технологій щодо зниження енерговитрат, використанню джерел відновлюваної сонячної, вітрової та теплової енергії засобами архітектури. Сучасні тенденції світового будівництва спрямовані на створення будівель, в яких комфортні планувальні рішення поєднуються з екологічністю і енергоефективністю.

Поняття «енергоефективний будинок» охоплює різні види енергозберігаючих типів будинків, якщо вони мають кращі показники енергоспоживання, ніж встановлені на даний час законодавством та будівельними нормами країни. Єдиного наукового поняття енергоефективності будівлі міжнародними експертами до теперішнього часу не визначено. Крім того, у світі велика кількість будівель, мікрорайонів збудована на основі різних концепцій енергетичних і екологічних технологій, які визначаються власними найменуваннями. Нижче на основі літературного матеріалу наведено визначення деяких концепцій енергетично ефективних та екологічно чистих будівель.

Енергоефективна будівля (energy efficient building) - будівля, в якій ефективно використання енергоресурсів досягається за рахунок застосування інноваційних рішень, що можуть бути здійснені технічно, обґрунтовані економічно, а також прийнятні з екологічної і соціальної точок зору та не змінюють звичайний спосіб життя.

До енергоефективних будівель можуть бути віднесені *будівлі з низьким енергоспоживанням енергії* (low energy building) та *будівлі з нульовим енергоспоживанням енергії* (zero energy building). Будівля з низьким енергоспоживання збудована з використанням сучасних будівельних матеріалів. Питома витрата енергії на опалення складає від 50 до 80 кВт·годин/м² в рік. Будівля з нульовим використанням енергії виробляє таку ж кількість енергії, скільки споживає.

Пасивна будівля (passive building) - будівля, в якій передбачені спеціальні засоби по використанню нетрадиційних (відновлюваних) джерел енергії, що суттєво знижує споживання енергії від традиційних джерел. Автором ідеї «пасивна будівля» є Вольфганг Файст м. Дармштадт, Німеччина. Принципи пасивної будівлі: використання нетрадиційних джерел енергії (сонця, ґрунту, повітря), суперізоляція огорожувальних конструкцій, утилізація теплоти повітря, що видаляється. Енергоспоживання не більше 15 Вт/м² в рік. .

"Зелена" будівля (green building) - це будівля, яка за своєю конструкцією, будівництвом та експлуатацією мінімально впливає на природне середовище за рахунок ефективного використання енергії, води і інших ресурсів, скорочення відходів, викидів та іншого впливу на довкілля. Такі технології інтенсивно і широко впроваджуються в країнах Європи (сертифіковано понад 1 млрд. споруд).

Здорова будівля (healthy building) – будівля, в якій пріоритетність при виборі енергозберігаючих технологій віддається технічним рішенням, що одночасно сприяють покращенню мікроклімату приміщень і захисту навколишнього середовища, використанню екологічно чистих матеріалів. Здоровий будинок можна розглядати як наступне покоління «зеленої будівлі», що додатково інтегрує «здоров'я, оздоровлення та людський досвід у будівлях».

Інтелектуальна будівля (intelligent building) – будівля, де з точки зору теплопостачання і кліматизації, потоки теплоти і маси в приміщеннях і огорожувальних конструкціях оптимізовані за допомогою комп'ютерних технологій. До цієї категорії відносяться і розумні будинки.

Основою концепції створення «розумного будинку» (smart building) є принцип максимально ефективного використання простору та його базових елементів: структури, систем, служб і управління. Всі системи можуть працювати у відповідності до побажань мешканців, часу доби, до

надходження людей в домі, у відповідності до погоди, зовнішньої освітленості і т.п. для забезпечення комфортного стану всередині будинку. Самим відомим «розумним будинком» у світі є будинок Білла Гейтса, де можливості систем домашньої автоматизації реалізовані на 100%. Важливою особливістю і властивістю «розумного» будинку, що його відрізняє, є те, що це найбільш прогресивна концепція взаємодії людини з житловим простором, коли людина однією командою задає бажану обстановку, а автоматика у відповідності з зовнішніми і внутрішніми умовами задає і відслідковує режими роботи всіх інженерних систем і електроприборів для забезпечення комфортного стану всередині будинку

Будівля високих технологій (high-tech building) – будівля, в якій економія енергії, якість мікроклімату, екологічна безпека досягається за рахунок використання технічних рішень на основі нау-хау, включаючи елементи високотехнологічної індустрії та технології в дизайні будівель. Високотехнологічна архітектура виросла з модерну, використовуючи нові досягнення в технології та будівельних матеріалах (сталь, скло та бетон - ці елементи викликають відчуття масового виробництва та широкої доступності). В основі багатьох високотехнологічних будівель лежить концепція "омніплац". Це ідея, що будівля та простори всередині неї не обов'язково повинні бути абсолютно визначеними, а скоріше виконувати цілий спектр бажаних функцій.

Будівля сталого потенціалу (sustainable building) – будівля, що знаходиться в екологічній рівновазі з людиною і навколишнім середовищем. Поєднує можливості використання екологічно чистих відновлюваних джерел енергії, оптимального використання енергії, збереження водного ресурсу, використання будівельних матеріалів повторно, покращення якості середовища проживання. Будівля і навколишнє середовище – їх екологічний і енергетичний стан розглядається як одне ціле. До «sustainable building» відносяться: *енергетично нейтральна будівля* – кількість та якість енергії, що споживається, не викликає відчутних порушень стану навколишнього середовища; *водо нейтральна будівля* - кількість і якість споживаної нею води суттєво не порушують стану навколишнього середовища; *будівля з нейтральних будівельних матеріалів* - виробництво яких не порушує стану навколишнього середовища; є екологічно чистими щодо впливу на мікроклімат приміщення; можуть повторно використовуватися.

Біокліматична архітектура (bioclimatic architecture) – це досить новий напрямок в будівництві енергоефективних будівель, який органічно поєднує традиційні прийоми архітектури, особливості навколишнього середовища та дозволяє створення привабливих з естетичної точки зору будівель, здатних пристосовуватися до зміни клімату. Основним принципом є використання місцевих біокліматичних умов з користю для природного та забудованого середовища.

Проектування і будівництво енергоефективних будівель є експериментальною площадкою для розробки довгострокової стратегії будівництва, збалансованого розвитку паливно-енергетичного комплексу, енергозберігаючих технологій виробництва інженерного обладнання і матеріалів, теплоізоляційних будівельних конструкцій, нових архітектурних і планувальних рішень.

УДК 621.31

Денисюк С.П., д-р. техн. наук, проф.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

ПРІОРИТЕТИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ НА ПЕРІОД ДО 2050 Р

Енергетика XXI ст. постає ядром розвитку соціуму за рахунок зростаючого впливу на модель суспільного розвитку та соціальної поведінки людини. Недорога, надійна та стійка енергетика є ключовим елементом стійкого розвитку суспільства. Вона відіграє важливу роль в переході до сучасного суспільства [1, 2]. На сьогодні базовими принципами енергетичної політики є [1]:

- 1) досягнення енергоефективності як основи забезпечення системної ефективності;
- 2) суттєве скорочення обсягів викидів CO₂ до 2050 р.;
- 3) прискорений перехід до стійкої енергетичної системи;
- 4) створення умов для появи нових бізнес-моделей та прийняття приватним сектором на себе провідної ролі в прискоренні темпів глибоких перетворень в енергетичних галузях;
- 5) сприйняття переходу до стійкої енергетики як спільної задачі;
- 6) сприяння стійкому керуванню ресурсами.

Досягнення цілей стійкої енергетики є складною соціальною, політичною, економічною і технологічною задачею. Як показує аналіз [1], теперішня конструкція стійкої енергетики все ще не збалансована, внаслідок чого досягнення цілей стійкої енергетики неможливо без знаходження деяких розумних компромісів. Необхідно приступити до проведення відповідних структурних змін в енергетичному секторі, і за великим рахунком здійснення цих змін вже почалось. Перехід до стійкої енергетики приведе до підвищенню цін на енергію, тому, побоюючись соціальних хвилювань, багато країн не можуть пришвидшити темпи змін. За рахунок інтеграції з інформаційно-комунікаційними технологіями сучасна електроенергетика набула нових функціональних властивостей. Зокрема, за рахунок застосування нових технологічних рішень необхідно відзначити наступні пріоритети розвитку електроенергетики [2]:

1) передова вимірювальна інфраструктура (Advanced Metering Infrastructure): інтелектуальні лічильники; керування енергоданими (Meter Data Management); цінозалежне енергоспоживання (Demand Response).

2) трансформація бізнесу передачі та розподілу електроенергії: моніторинг мереж напруги / системи автоматизації підстанцій; розподілені системи керування енергетичними ресурсами; системи акумулювання енергії, у т.ч. для електромобілів; розвинуті системи Microgrid.

3) трансформація бізнесу розподілу у кінцевих споживачів: керування поптом; передова інфраструктура обліку енергоспоживання; енергоефективна інфраструктура для інтелектуальної будівлі / будинку.

Єврокомісія 15 грудня 2020 р. оголосила нові енергетичні пріоритети Євросоюзу, і це не нафтові і газопроводи. Нова політико-енергетична доктрина Євросоюзу описує реформування правил Євросоюзу в енергетичній сфері, і створення транс'європейської енергетичної мережі – TEN-E. Пріоритети Євросоюзу перенаправляються від викопного палива в сторону чистої генерації, щоб сприяти створенню до 2050 року повністю декарбонізованої економіки. Це буде розвивати нові технології, покращуючи освіту, створюючи нові виробництва і робочі місця, покращуючи екологію Європи, а значить і здоров'я громадян. Однак негативні наслідки можуть бути тільки у тих країнах, у яких значна частина бюджету формується за рахунок постачань вуглеводневої сировини.

TEN-E – це політика, спрямована на об'єднання енергетичної інфраструктури країн ЄС. В рамках політики визначені дев'ять пріоритетних коридорів і три пріоритетних тематичних області. ЄС допомагає країнам у пріоритетних коридорах і тематичних областях працювати разом над розвитком енергетичних мереж і надає фінансування для нової енергетичної інфраструктури. У заяві Єврокомісії говориться, що для реалізації стратегії «Європейської зеленої угоди» законодавчі органи узгодять і приймають відповідні закони та регламенти для забезпечення відповідності цілям кліматичної нейтральності. Особлива увага повинна бути приділена з'єднанню регіонів, у даний час ізольованих від європейських енергетичних ринків, і зміцненню існуючих транскордонних з'єднань.

У перспективі після 2035 року енергетичний ринок остаточно перетвориться з «ринку постачальника енергетичних товарів» в «ринок покупця енергетичних послуг», в якому на перший план вийдуть питання задоволення різноманітних і постійно мінливих та зростаючих в якісному відношенні енергетичних потреб кінцевого споживача.

Споживачі енергетичних послуг будуть прагнути до повсюдного використання електроенергії як найбільш кваліфікованого, зручного, гнучкого та універсального джерела енергії. Очікуваний світової перехід до «електричного світу» дозволить однаково успішно розвивати як централізоване, так і децентралізоване, а також індивідуальне енергопостачання, найбільш адекватне за типом енергопостачання щодо різноманітних і гнучких вимогам нового типу споживачів (активних споживачів).

Енергетичні технології накопичення енергії і розширення можливостей розосередженої генерації в поєднанні з енергомереживими технологіями та конвергенцією виробництва і споживання енергії сприятимуть «індивідуалізації» енергетики та формування автономних моделей соціальної поведінки людини.

Енергетика буде розвиватися як «система систем», де визначальне значення матиме організація і керування енергетичними потоками на основі енергоінформаційних технологій, розвитку «інтелектуальної» енергетичної інфраструктури та мультиагентного керування. Це дозволить радикально підвищити ефективність енергетичного розвитку і його адаптивність швидко мінливих умов сучасного світу.

Стратегії, необхідні для просування по шляху переходу до стійкої енергетики, включають негайне вжиття заходів з підвищення енергоефективності, обмеження викидів ПГ за рахунок скорочення викопних видів палива та одночасного впровадження технологій уловлювання вуглецю, а також здійснення інвестицій у відновлювану та низьковуглецеву енергетику.

Аж до 2050 року масштаб переходу має бути значним та, щоб уникнути серйозного впливу на клімат, світовій спільноті прийдеться заплатити за цей перехід вагомий ціну. Ця ціна не є невід'ємною і, по всій вірогідності, буде набагато менш суттєвою, ніж вплив зміни клімату на ВВП. Оскільки енергетичний перехід пов'язаний з відповідними витратами, він створює нові проблеми в плані доступності енергії.

Після 2050 року потрібними будуть нові енергетичні технології з нульовим чи від'ємним викидом вуглецю, які необхідно розробити. Результати моделювання показують [1], що не існує економічно раціонального сценарію, за яким залежність від викопного палива буде нижчим 50 % до 2050 р. Це пов'язано з тим, що, на відміну від електроенергетики, при теперішньому рівні технологій дуже важко замінити відновлюваною енергетикою паливо для транспорту та важкої промисловості.

Список використаних джерел:

1. Пути перехода к устойчивой энергетике. Ускорение энергетического перехода в регионе. – Женева, ЕЭК ООН, 2020. – 60 с.
2. Electricity system development; a focus on smart grids. – United Nations Economic Commission for Europe. URL: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/eneff/eneff_h.news?Smart.Grids.Overview.pdf

УДК 690.9

С.П. Денисюк, д-р.техн.наук, проф.,
О.В. Коцар, канд.техн.наук, доц.,
М.М. Шовкалюк, канд.техн.наук, доц.
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ З ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СЕРТИФІКАЦІЇ ТА ОБСТЕЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ БУДІВЕЛЬ В ІЕЕ КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО

На вимогу Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» [1] 15 жовтня 2018 року наказом по Національному технічному університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (КПІ ім. Ігоря Сікорського) при Інституті енергозбереження та енергоменеджменту (ІЕЕ) на базі Центру підготовки енергоменеджерів (ЦПЕМ) було створено Атестаційну комісію з проведення професійної атестації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем будівель, а також розроблено та затверджено навчальну програму з підготовки, перепідготовки і підвищення кваліфікації фахівців за зазначеними напрямками [2].

Навчальною програмою передбачено опрацювання питань у сфері політики енергоефективності в Україні, зокрема, щодо імплементації директив Європейського Союзу, вимог Міжнародного валютного фонду та державних програм до фінансування заходів на об'єктах житлово-комунального господарства; законодавчого та нормативно-правового забезпечення діяльності з енергоаудиту, енергетичного менеджменту та реалізації енергоефективних заходів в Україні; проведення енергетичного аудиту та обстеження інженерних систем будівель; впровадження енергоефективних заходів і технологій, зокрема, з використанням альтернативних та відновлюваних джерел енергії, а також формування фінансової оцінки енергоефективних проектів. На вивчення програми відведено 108 годин / 3,5 кредити ECTS, що складаються з лекційних і практичних занять, домашніх завдань та самостійної роботи.

Відповідно до затвердженої навчальної програми в ЦПЕМ було відкрито тренінгові курси та розпочато прийом кваліфікаційних іспитів відповідно до Порядку професійної атестації [3]. До підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації енергоаудиторів залучені найфаховіші викладачі ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського, які мають багаторічний досвід практичної діяльності з проведення енергетичного аудиту, розроблення і впровадження систем енергетичного менеджменту та реалізації заходів з підвищення рівня енергетичної ефективності. Викладання орієнтовано переважно на виконання практичних завдань, що дозволяє фахівцям набути необхідних навичок та умінь для підготовки звітів за результатами обстеження інженерних систем та оформлення сертифікатів енергетичної ефективності будівель. Навчання завершується складанням кваліфікаційних іспитів, окремо за кожним напрямом.

Вже 20 листопада 2018 року було проведено кваліфікаційні іспити, за результатами яких Атестаційною комісією КПІ ім. Ігоря Сікорського було атестовано 9 енергоаудиторів із сертифікації енергетичної ефективності та 10 фахівців з обстеження інженерних систем будівель, зокрема, трьох випускників ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського минулих років.

З метою навчання енергоаудиторів взаємодії з Фондом енергоефективності в 2020 році в ІЕЕ розроблено навчальну програму підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем, за Модулем 2: «Робота енергоаудиторів з Фондом енергоефективності». Навчальна програма Модуля 2 відповідає рекомендаціям ЄС та Фонду енергоефективності щодо розробки програм тренінгів. В рамках Модуля 2 фахівці отримують необхідні знання, практичні навички та рекомендації з: роботи з Фондом енергоефективності; заповнення форм опису проекту; підготовки технічного завдання; фінансово-економічної оцінки результатів; верифікації проекту; роботи з ОСББ. Також, в рамках Модуля 2 заплановано формування вихідної інформації та заповнення опитувальних листів з виїздом на реальний об'єкт.

Слід зазначити, що до навчання за Модулем 2 допускаються енергоаудитори, яких кваліфіковано (успішно складено кваліфікаційні іспити і отримано кваліфікаційний атестат) на провадження діяльності із сертифікації енергетичної ефективності будівель.

В умовах пандемії коронавірусу COVID-19 в ЦПЕМ розроблено дистанційні курси у повній відповідності до вимог Закону України [1], в умовах епідеміологічних обмежень організовано складання кваліфікаційних іспитів в дистанційному режимі. В листопаді 2020 року онлайн підготовлено 9 енергоаудиторів із сертифікації енергетичної ефективності будівель та 9 фахівців з обстеження інженерних систем будівель. Всі фахівці успішно склали кваліфікаційні іспити, отримали кваліфікаційні атестати встановленого зразка і внесені до національної бази даних.

В 2020 році Атестаційною комісією КПІ ім. Ігоря Сікорського атестовано 28 енергоаудиторів із сертифікації енергетичної ефективності будівель та 27 фахівців з обстеження інженерних систем будівель, надходження до КПІ ім. Ігоря Сікорського склали: 100 000,00 грн (сто тисяч гривень). Загалом в ІЕЕ на базі ЦПЕМ підготовлено та атестовано Атестаційною комісією КПІ ім. Ігоря Сікорського 107 енергоаудиторів із сертифікації енергетичної ефективності та 107 фахівців з обстеження інженерних систем будівель, серед яких семеро є випускниками ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Висновки. Розроблені в ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського навчальні програми і організація на базі ЦПЕМ навчання з підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації фахівців за Модулем 1 «Професійна підготовка осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем будівель» та Модулем 2: «Робота енергоаудиторів з Фондом енергоефективності» цілком відповідають вимогам національного законодавства та рекомендаціям ЄС щодо підготовки енергоаудиторів і забезпечують актуалізацію теоретичних знань та набуття необхідних практичних навичок, що в рамках державної політики України у сфері енергетичної ефективності дозволило в стислі терміни наповнити ринок праці кваліфікованими фахівцями із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем будівель. За результатами освітньої діяльності ІЕЕ Атестаційною комісією КПІ ім. Ігоря Сікорського атестовано понад 7,7% енергоаудиторів із сертифікації енергетичної ефективності будівель та понад 10% фахівців з обстеження інженерних систем будівель в Україні.

Список використаних джерел:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». Законопроект № 2118-VIII // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст.359.
2. Денисюк С.П., Коцар О.В., Шовкалюк М.М. Програма навчання фахівців з енергетичної сертифікації будівель та обстеження інженерних систем // Збірн. матеріалів VI Міжнародної науково-практичної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'19», 04-07 червня 2019 року – Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського – С. 66 – 67.
3. Порядок проведення професійної атестації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем // Затв. Постановою КМУ від 26.07.2018 № 605 – 16 с.

References:

1. Law of Ukraine "On Energy Efficiency of Buildings". Draft Law No.2118-VIII // Bulletin of the Verkhovna Rada, 2017, No.33, p.359.
2. Denysiuk S.P., Kotsar O.V., Shovkaliuk M.M. Training program for specialists in energy certification of buildings and inspection of engineering systems // Collection. Materials of the VI International scientific-practical and educational-methodical conference "Energy management: state and prospects of development – PEMS'19", June 04 – 07, 2019. – Kyiv, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute – P. 66 – 67.
3. The procedure for conducting professional certification of persons who intend to carry out activities for certification of energy efficiency and inspection of engineering systems // Approved. Resolution of the Cabinet of Ministers of July 26, 2018 No.605 – 16 p.

УДК 658.26

Дешко В.І., д.т.н., проф., Кузьміна Ю.С., аспірантка,
 Шовкалюк М.М., к.т.н., доц.,
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

БАЗА ДАНИХ СЕРТИФІКАТИВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ: АНАЛІЗ ДЛЯ НОВОГО БУДІВНИЦТВА

Один із інструментів впливу на зниження споживання ресурсів будівельного фонду є впровадження у нормативну базу вимог щодо підвищення енергоефективності. В Україні діяльність з енергетичної сертифікації розпочалася з введенням в дію Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» [1], що розроблено з урахуванням європейських вимог [2]. Впроваджено низку стандартів, що регламентують вимоги до методів оцінювання показників енергоефективності та енергоаудиту будівель [3,4].

З 1-го грудня 2020 року вступила в дію частина третя статті 8 Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» [1], відтепер енергетичний сертифікат виготовляється енергоаудитором з використанням Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва [5], а до цього часу сертифікати вносилися до бази Держенергоефективності [6]. На даний момент сертифіковано близько шести тисяч будівель, основну частку з яких складають житлові будівлі (рис. 1)

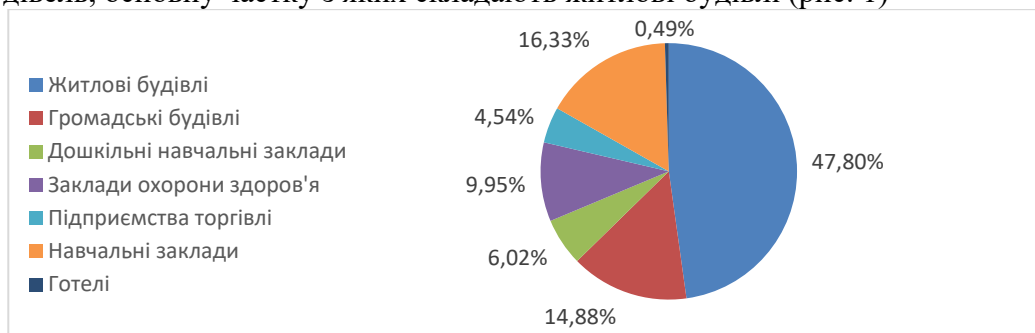


Рисунок 1 – Сертифіковані будівлі в Україні.

У таблиці 1 показано результати порівняльного аналізу кількості сертифікованих будівель та їх класів енергоефективності.

Таблиця 1. Розподіл сертифікованих будівель за типами та класами енергоефективності, шт

Клас	Житлові будівлі	Громадські будівлі	Дошкільні навчальні заклади	Заклади охорони здоров'я	Підприємства торгівлі	Навчальні заклади	Готелі
A	14	32	2	1	31	0	2
B	105	196	31	35	174	43	6
C	767	140	54	74	47	92	9
D	263	67	33	58	3	81	3
E	204	81	43	70	2	68	3
F	128	71	47	71	1	95	0
G	1276	271	137	265	4	563	5
Загалом	2757	858	347	574	262	942	28

Як бачимо, основними закладами, які отримали найнижчий клас (G) серед усіх сертифікованих будівель є навчальні заклади (59,7%) та житловий сектор (47,2%). Питання підвищення енергоефективності житлових будівель, як найбільших споживачів енергоресурсів, набуває все більшої актуальності. Фактично ефективність використання теплової енергії в будівлях України у 3–5 разів нижча, ніж у західних країнах. Технічні характеристики більшості житлових будинків в Україні не відповідають сучасним вимогам до показників споживання енергоресурсів.

Далі в ході дослідження більш детально вивчалися будівлі житлового сектору, (починаючи з

2019 року). Аналізувалися наступні показники енергоефективності: опір теплопередачі зовнішніх стін та світлопрозорих конструкцій, питоме енергоспоживання енергії, первинна енергія, питомі викиди CO₂. Було виявлено, що з 27 обраних будівель у м. Києві з класом енергоефективності G (по енергоспоживанню) коефіцієнт опору теплопередачі для зовнішніх стін не відповідає нормативному для 23 будівель, а коефіцієнт опору теплопередачі для світлопрозорих конструкцій – для 15 будівель. З обраних 85 будівель з класом енергоефективності C (для аналізу обиралися будівлі у м. Києві типу «нове будівництво або «проект») 20 будівель (23,5%) мають опір теплопередачі стін нижче нормативного. Середнє значення питомого споживання енергії - 84,6 кВт·год/м², а середнє значення питомих викидів CO₂ – 34 кг/м² в рік.

Середнє питоме споживання енергії для будівель житлового сектору нового будівництва з 2019 року (1284 шт) знаходиться на рівні 100,56 кВт·год/м². Середній показник питомого енергоспоживання для Європи знаходиться у діапазоні від 50 до 80 кВт·год/м², тобто Україна має значний потенціал енергозбереження. На рис. 2 у якості прикладу наведено порівняльну оцінку енергоспоживання житлових будівель нового будівництва (1-3 поверхи) до та після комплексної термомодернізації будівлі з доведенням до класу C та A відповідно (в базі даних представлено 57 шт. таких будівель, енергоспоживання визначалося наростаючим підсумком для можливості оціювання потенціалу збереження ресурсів).

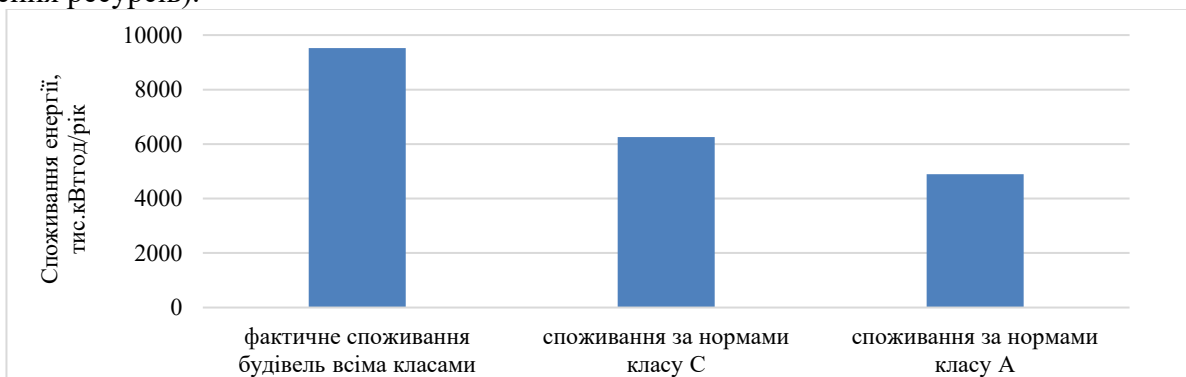


Рисунок 2 – Споживання фактичне та приведенне до норм класу C та A (для будівель 1-3 поверхів).

Висновки: в ході дослідження аналізувалися показники енергетичної ефективності житлових будівель, внесені у енергетичні сертифікати. Виконано порівняльну оцінку відповідності стандартам енергоефективності теплотехнічних характеристик, аналіз питомого енергоспоживання та викидів CO₂; висвітлено потенціал енергозбереження у порівнянні з аналогічними будівлями в країнах ЄС.

Список використаних джерел:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» №2118-VIII // ВВР, 2017, № 33, р.359.
2. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19.05.2010 on the energy performance of buildings.
3. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції та гарячого водопостачання.
4. ДСТУ Б EN 15603:2013 Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки.
5. Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва. Режим доступу: <https://e-construction.gov.ua/>
6. База даних енергетичних сертифікатів. Режим доступу: <https://saec.gov.ua/>

References

1. Law of Ukraine "On Energy Efficiency of Buildings" №2118-VIII // Bulletin of the Verkhovna Rada, 2017, No.33, p.359.
2. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19.05.2010 on the energy performance of buildings.
3. DSTU B A.2.2-12: 2015 Energy efficiency of buildings. Method of calculating energy consumption for heating, cooling, ventilation and hot water supply.
4. DSTU B EN 15603: 2013 Total energy consumption and energy assessment.
5. Portal of the Unified State Electronic System in the field of construction URL: <https://e-construction.gov.ua/>
6. Database of energy certificates URL: <https://saec.gov.ua/>

УДК 621.311.001 + 621.316.13

Костюк В.О., канд. техн. наук, доцент,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Сідоров О.Ф., провідний інженер,
ДП «НЕК «УКРЕНЕРГО»

ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ МІЖСИСТЕМНИМ САЛЬДО ПОТУЖНОСТІ ОБ'ЄДНАНОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ

Запропоновано застосувати розрахункові значення поточних небалансів потужності, одержані на основі записаних аналітичних виразів, у алгоритмах керування нормальними режимами об'єднаної електроенергосистеми України за допомогою багатофункціональної центральної цифрової системи автоматичного регулювання частоти і потужності.

Ключові слова: нормальний режим, небаланс потужності, сальдо міжсистемних перетікань потужності, вторинне автоматичне регулювання, оптимальне керування.

Підтримання функціонування Об'єднаної електроенергосистеми (ОЕС) у нормальному режимі за частотою й потужністю є завданням складним і багатофункціональним. Без урахування вимог і обмежень, визначених засадничими ринковими правилами відповідно до норм чинного законодавства України зокрема [1], задачі підтримання й супроводу нормальних режимів за частотою і потужністю зводяться до щомиттєвого дотримання балансу електромеханічної потужності в ОЕС, заданого прогнозним добовим графіком споживання. Балансування здійснюється протягом доби для заданих (планових) значень функції системної частоти у часі, й планового сумарного значення (сальдо) *перетікань потужності* через міждержавні перетини, за умов технічних обмежень на граничні значення таких перетікань потужності міжсистемними високовольними лініями електропресилання (ЛЕП) й через перетини між регіональними енергосистемами, що входять до ОЕС України.

Задачу оптимального за технічними і економічними показниками керування об'єднаною електроенергосистемою зазвичай розв'язують засобами первинного і вторинного автоматичного регулювання (ПАР, ВАР) режимів ОЕС за частотою і потужністю. Персонал диспетчерської служби оператора енергосистеми здійснює ретельний поточний контроль за дотриманням заданих умов балансу й виконує необхідні оперативні заходи задля забезпечення необхідної потужності *обертОВОГО резерву* електромеханічних агрегатів, задіяних у автоматичному регулюванні енергобалансу – шляхом ручного уведення-виведення передбачених для цього потужностей генераторів «холодного резерву».

Найбільш ефективно завдання підтримання й супроводу нормального режиму за частотою й потужністю ОЕС може бути розв'язано за допомогою централізованої цифрової системи автоматичного регулювання частоти й потужності (ЦСАР-ЧП), технологічні засоби якої здійснюють моніторинг частоти ОЕС й сальдо перетікань активної потужності через міждержавні перетини, а також перетікань потужності внутрішніми міжсистемними ЛЕП через внутрішні перетини в межах допустимих значень. Таке керування режимами за частотою й потужністю електроенергетичною системою здійснюється, наприклад, в Європейському енергооб'єднанні ENTSO-E [2].

Алгоритм роботи простої САРЧП кожної окремої ЕС, що входить до складу ОЕС, є відомим, за його допомогою виконують автоматичне регулювання частоти в ОЕС і перетікань потужності у перетині, який сполучає суміжні ЕС. В [3,4] алгоритм функціонування такої САРЧП отримано на основі параметрів первинних статичних частотних характеристик (СЧХ) потужностей окремих ЕС і об'єднаної ОЕС, тобто, на основі врахування властивостей ЕС щодо саморегулювання.

Таким чином, основним завданням цифрової ЦСАР-ЧП, побудованої на основі багатофункціонального програмно-технічного комплексу SCADA є не лише здійснювати автоматичне регулювання частоти й сальдо міждержавного перетікання потужності, але й автоматизовано підтримувати величину перетікання потужності внутрішніми магістральними ЛЕП і через внутрішні перетини у межах заделегідь визначених інтервалів числових значень таких перетікань.

Уявімо будь-який контрольований перетин, котрий ділить енергооб'єднання ОЕС1 на дві

частини, які у подальшому будемо іменувати EC1 і EC2, як це зображено на рисунку. Функції об'єктів і розрахункових величин, позначених на спрощеній функційній схемі подамо через опис технологічних особливостей систем ЦСАР–ПЧ.

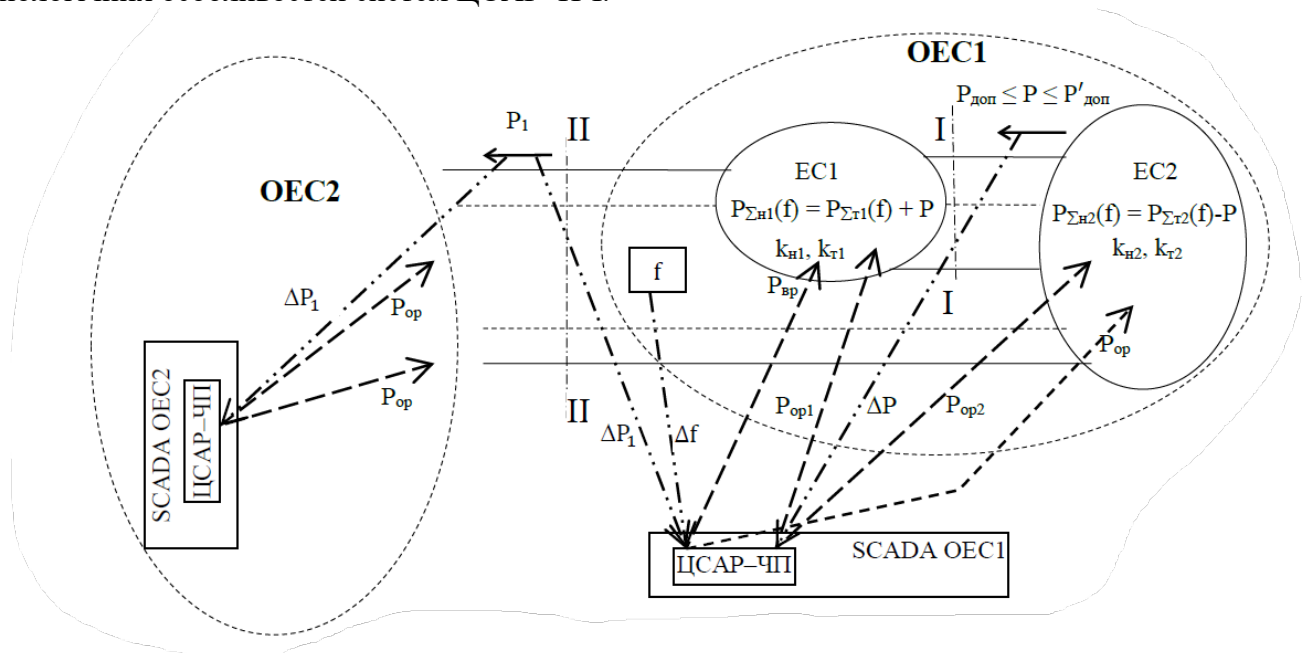


Рисунок 1 – Спрощена функційна схема ВАР частоти й перетікання потужності через зовнішній перетин II–II, а також контроль перетікання потужності чеез внутрішній перетин I–I OEC1.

Через виникнення небалансів потужності в енергосистемі OEC1 спостерігаються зміни/відхилення частоти змінного струму в OEC1, змінюється величина сальдо перетікань потужності через зовнішній міждержавний перетин та спостерігаються коливання значень внутрішньо-системних перетікань потужності. Функційний контур ЦСАР–ЧП, котрий забезпечує автоматичне регулювання (підтримання на заданому рівні) частоти й зовнішнього сальдо, виробляє значення керувальних сигналів призначених для здійснення такого регулювання енергоблоків.

За цих умов змінюється значення контролюваного перетікання потужності через внутрішній перетин I–I, яке позначено на рисунку літерою “P”. Задачею функційного контура ЦСАР–ЧП є утримати величину сальдо перетікання P через перетин I–I у межах інтервалу між нормованими граничними значеннями $P_{доп}$ і $P'_{доп}$, а для понаднормованих режимів – обмежити тривалість функціонування OEC1 у таких режимах. У разі відхилення перетікання P за межі інтервалу, одержимо небажані прирости міжсистемного перетікання потужності $\Delta P_{мс}$, які система вторинного автоматичного регулювання (ВАР) має компенсувати через задіяні регульовані енергоблоки OEC1:

$$\Delta P_{мс} = \begin{cases} P_{доп} - P \\ P'_{доп} - P \end{cases}$$

де $P_{доп}$ та $P'_{доп}$ - нижнє і верхнє допустиме значення перетікання потужності P, МВт.

Виходячи із умови повної компенсації небалансу потужності $P_{тр} = -P_{нб}$, для обчислення необхідних обсягів ВАР за умови виконання обмеження $P_{доп} \leq P \leq P'_{доп}$ потужності у внутрішньому перетині I–I OEC1 одержимо вирази:

$$P_{оп1} = -k_{y1} \Delta P_{мс1} \quad \text{та} \quad P_{оп2} = -k_{y2} \Delta P_{мс2}$$

Помічаємо, що коефіцієнти підсилення величин/сигналів, пропорційних відхиленням $\Delta P_{мс1}$ і $\Delta P_{мс2}$, визначаються через відношення коефіцієнтів жорсткості режимів за частотою: $k_{жf}$ (OEC1) і $k_{жf1}$, $k_{жf2}$ підсистем EC1 і EC2 відповідно:

$k_{y1} = k_{жf}/k_{жf2}$ – коефіцієнт підсилення, визначений для відхилення перетікання потужності $\Delta P_{мс1}$ через перетин I–I, викликаний небалансом в енергосистемі EC1;

$k_{y2} = k_{жf}/k_{жf1}$ – коефіцієнт підсилення, визначений для відхилення перетікання потужності $\Delta P_{мс2}$

через перетин I–I, викликаний небалансом в енергосистемі ЕС2.

Використання інших розрахункових значень коефіцієнтів підсилення для налаштування контура ЦСАР–ЧП за принципом відхилення призводить до до

«перерегулювання» міжсистемного перетікання потужності, тобто до втрати точності на першому кроці, що зазвичай супроводжується деякими коливаннями координат режиму за частотою і потужністю у контрольованому перетині у процесі ітераційної процедури ручного керування ОЕС. Натомість, застосування отриманих розрахункових значень коефіцієнтів підсилення контура ЦСАР–ПЧ ОЕС1 за відхиленням міжсистемного перетікання потужності на основі властивостей ОЭС1 і її підсистем ЕС1 і ЕС2 буде оптимальним за технічними і економічними показниками керування засобами ВАР.

Короткостроковим планом розвитку ОЕС України, котрий активно обговорюється на рівні структур виконавчої влади, офіційними представниками Міністерства енергетики України <http://mre.kmu.gov.ua/minugol> зокрема, передбачається від'єднання від енергосистем Російської Федерації і Білорусі у 2022 році, з переходом до тимчасового ізольованого режиму роботи і здійсненням повної синхронізації з енергосистемою континентальної Європи ENTSO-E у 2023 році. Розв'язання задачі забезпечення оптимального керування квазістаціонарними режимами ОЕС України за частотою й потужністю наявними засобами є першочерговою умовою успішного виконання цих амбітних планів [3–5].

Список використаних джерел:

1. Закон України «Про ринок електричної енергії». – Харків: ТОВ «Видавництво «Форт». – 2017. – 208с.
2. *UCTE OH – Policy 1: Load-Frequency Control // UCTE OH Policy – Final Version. Approved by SC on 19 March 2009.*
3. *Костюк В. О., Сідоров О. Ф.* Спосіб оптимального вторинного регулювання частоти та потужності. – Вісник Вінницького політехнічного інституту, ISSN 1997-9266. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – № 6(135). – С.105-110.
4. *Сідоров О.Ф.* Роль частотних характеристик потужностей в організації нормальних режимів електроенергетичної системи/ К.: Видавничий дім «АртЕк» 2019. – 202 с.
5. *Сідоров А.Ф.* Расчет послеаварийных режимов энергосистемы по параметрам первичных частотных характеристик // Киев: Энергетика и электрификация. – 2003. – №7. – С. 25–33.

References

1. Law of Ukraine "On the Electricity Market". – Kharkiv: «Vydavnytstvo «Fort». –2017. – 208p.
2. *UCTE OH – Policy 1: Load-Frequency Control // UCTE OH Policy – Final Version. Approved by SC on 19 March 2009.*
3. *Kostiuk V.O, Sidorov O.F.* The Method of Optimum Secondary Frequency and Power Regulating. – Visnyk Vinnytskoho politechnichoho instytutu, ISSN 1997-9266. – 2017. – № 6(135) – С.105–110.
4. *Sidorov O.F.* The role of network power frequency characteristics in the organization of normal modes of electrical power system. – K.: PUBLISHING HOUSE «ARTEK». –2019.–202p.
5. *Sidorov O.F.* Raschet posleavariynykh rezhimov energosistem po parametram pervichnykh chastotnykh kharakteristik //Kiev: Energetika i elektrifikatsia. – 2003.– №7. –P.25–33.

УДК 624.012

Zuievskia N, Dr. Eng. Sc. Prof.,
 Al-Talabani Mohammed Hussein, Msc.
 Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

FEASIBILITY STUDY OF USING DIAPHRAGM WALL IN URBAN CONSTRUCTION

In modern urban planning, membrane walls provide a safe and cost-effective solution for temporary and permanent retaining wall construction. The method is suitable for urban environments, as well as when working near existing buildings and where the water level is high and the soil is highly permeable [1]. And although it is quite expensive, this method is actively used in the construction of Kyiv metro stations.

A diaphragm wall is a structural concrete wall built in deep trenches of an excavation, using reinforced concrete elements (Figure 1). Diaphragm walls are often used in congested areas, near existing structures where space is limited, or where earthworks are performed at depths that would otherwise require the removal of much larger volumes of soil to ensure stable damaged slopes [2,3].

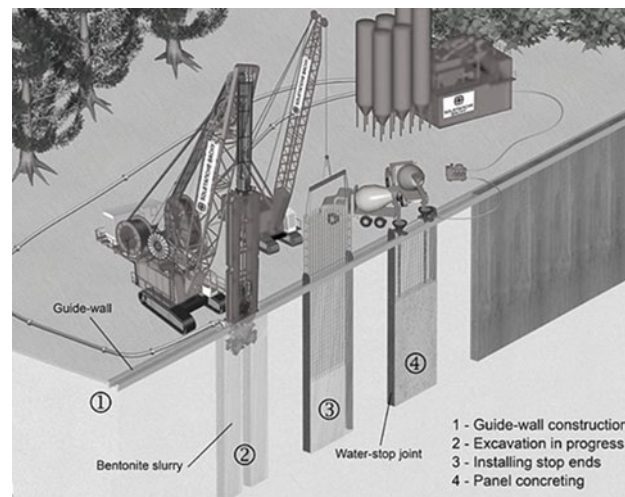


Figure 1 – The scheme of stages of works at construction of a diaphragm wall.

The paper compares the results of calculations in the Plaxis program of the expediency not only of the required depth of penetration of the DIAPHRAGM WALL structure, but also of the need to install a retaining fixture from soil anchors. After the displacements and forces in the deep structure of the recess wall were calculated, the stability of the structure was evaluated. This algorithm was also used for subsequent versions of the wall structure. The results of simulation are presented in the following table:

	Length of the slurry wall	Penetration depth, m	Displacement of the slurry wall	Bending moment, tm	Stability coefficient
					Plaxis
1	12 m– without anchorage	6	107	40,1	0,93
2	12 m – anchorage	6	13	28,2	1,5
3	11 m – anchorage	5	13,5	26,2	1,42
4	10 m – anchorage	4	14,3	22,7	1,34

The results show that the use of ground anchors significantly reduced the penetration into the depth of the wall when obtaining the conditions of structural stability. The introduction of a layer of soil anchors in the calculation procedure led to a significant reduction in wall displacement (13 mm), while the stability calculations showed that the coefficient of stability of the trench wall structure significantly exceeds the values specified in the regulations [4].

The analysis of efficiency of use of anchor fastening in comparison with shooting carried out on the basis of data of the specialized construction firms of the USA (3) showed that labor productivity increases at earthworks by 42,5%, backfilling - 32,8%, at installation of prefabricated designs on 15 %. In general, during the construction of metro stations, the anchoring of ditches increases productivity by 11% and reduces construction time [5,6].

The article presents an analysis of direct costs in the construction of the metro station "Lybidska". In construction projects, the direct costs are the cost of labor, materials, equipment, and so on. These construction project costs are developed as an estimate through a detailed analysis of the contracting activity, construction method, site conditions and resources. The economic assessment of the distribution of direct costs for the stages of construction of the diaphragm wall is presented in Figure 2.

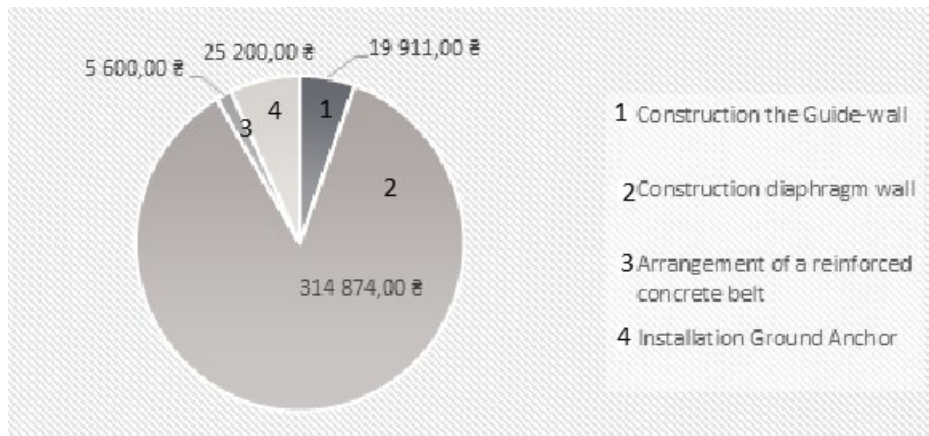


Figure 2 – Direct costs at the construction of the diaphragm wall.

The Plaxis software system allows us to model the behavior of the soil in conditions of any degree of complexity and to study the changes in the stress-strain state of the soil mass depending on the performance of geotechnical structures. This will allow you to choose the optimal design of the wall in the ground and reduce construction costs and construction time.

Список використаних джерел

1. Малий І. М. Сучасні методи кріплення котлованів / І. М. Малий // Праці ювілейної наук.-практ. конф., - М.: ТИМР, 2000. – С. 294 – 301
2. Кунтше К. Влаштування глибоких котлованів і відкосів в умовах міської забудови / К. Кунтше // Розвиток міст і геотехнічне будівництво. – 2010. – №2 – С. 1 – 17.
3. Келемен Я. Місто під землею / Келемен Я., Вайда З.; перек. з венг. Під ред. Г. Є. Голубєва. – М: Стройиздат, 1985. – 247 с.
4. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи: ДБН В.1.2-2:2006. (Чинні від 1 січня 2007 р). – К.: Мінрегіонбуд України, 2006. – 75 с. – (Державні будівельні норми України).
5. Report About the Testing of an Anchor Section Reinforced With a TITAN 30/11 Hollow Bar as Tension Element / Dr. Thomas Schmitz translated the report from German // Ischebeck Titan Injection Anchor System. 2007. – p. 29.
6. Петренко, В. І. Сучасні технології будівництва метрополітенів в Україні [Текст] / В. І. Петренко, В. Д. Петренко, О. Л. Тютюкин – Д.: Наука і освіта, 2005.– 252 с.

References

1. Maly I.M. Modern methods of fixing ditches / IM Maly // Proceedings of the anniversary scientific-practical. conf., - M.: TIMR, 2000. - S. 294 - 301
2. Kuntshe K. Arrangement of deep ditches and slopes in urban development / K. Kuntshe // Urban development and geotechnical construction. - 2010. - №2 - P. 1 - 17.
3. Kelemen J. City underground / Kelemen J., Vaida Z.; перек. with weng. Ed. GE Golubev. - M: Stroyizdat, 1985. - 247 p.
4. System for ensuring the reliability and safety of construction sites. Loads and effects: DBN B.1.2-2: 2006. (Effective January 1, 2007). - Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2006. - 75 p. - (State building norms of Ukraine).
5. Report About the Testing of an Anchor Section Reinforced With a TITAN 30/11 Hollow Bar as Tension Element / Dr. Thomas Schmitz translated the report from German // Ischebeck Titan Injection Anchor System. 2007. – p. 29.
6. Petrenko, V.I. Modern technologies of metro construction in Ukraine [Text] / VI Petrenko, VD Petrenko, OL Tyutkin - D.: Science and Education, 2005.– 252 p.

УДК 681.5.08

Басок Б. І., чл.кор. НАН України, д.т.н.,
Гончарук С. М., к.т.н, **Приємченко В. П.**, **Коваленко М.П.**
Інститут технічної теплофізики НАН України

СИСТЕМА КАЛІБРУВАННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ СЕНСОРІВ ВИМІРЮВАННЯ ГУСТИНИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ

Для розробки заходів з підвищення енергоефективності будівель необхідна точна та надійна інформація про: основні теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій; дані про їх волого-температурний стан; рівні тепловтрат; об'єми інфільтрації зовнішнього повітря тощо. Традиційно для цього використовувалися термопари, термометри опору та перетворювачі теплових потоків. Ці пристрої характеризуються відносно низькою чутливістю та високою інерційністю. Для підвищення надійності вимірювань при проектуванні систем довготривалого теплового моніторингу велике значення має стабільність показників, висока чутливість та точність (відтворюваність) вимірювань. Цим характеристикам і вимогам відповідають сенсори, що створені на основі напівпровідників. Вони дозволяють з високою точністю вимірювати величини в тому діапазоні вимірювання, що притаманний теплопереносенню через огорожувальні конструкції, особливо для тих нагальних завдань створення високоєфективних будівель та пасивних будівель, які мають високий опір теплопередачі і, відповідно, низький та наднизький рівень тепловтрат. В зв'язку з доступною ціною політикою на напівпровідникові сенсори та відносною простотою реалізації вимірювальної системи є доцільним їх застосування в дослідженнях процесів теплопереносення в будівлях. Виходячи із вище зазначеного виникає необхідність у створенні високоєфективної калібрувальної установки для датчиків теплового потоку, що працюють на основі ефекту Пельтьє. Блок схема та зовнішній вид створеної системи калібрування напівпровідникових сенсорів вимірювання густини теплового потоку представлені на рис. 1.

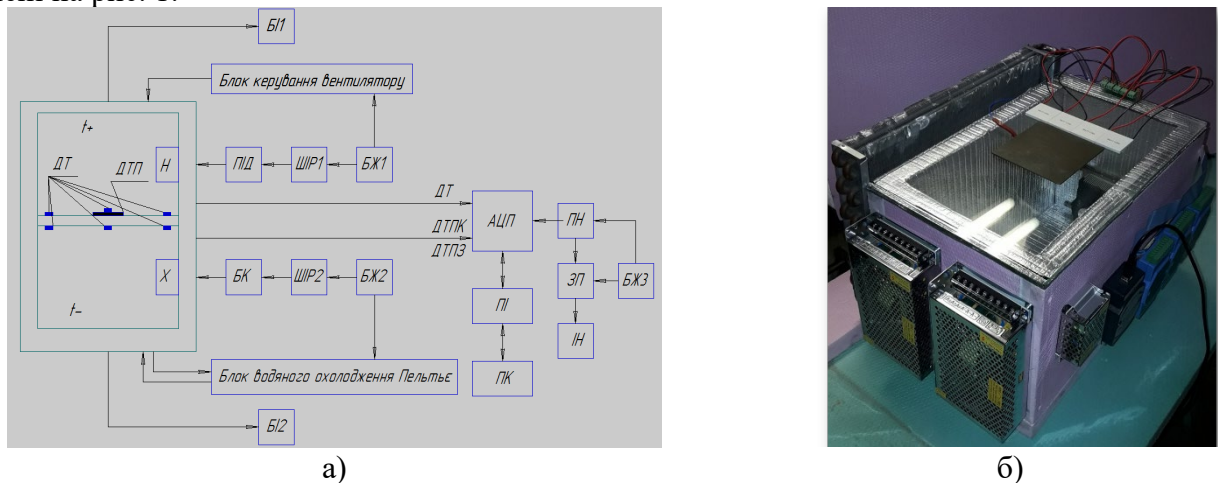


Рисунок 1 – Блок схема (а) та зображення зовнішнього виду (б) системи калібрування напівпровідникових сенсорів вимірювання густини теплового потоку

Повірочна станція для калібрування напівпровідникових датчиків теплового потоку (рис. 1б) складається з двох модулів: модуля охолодження (камера холодильника t^-) та модуля нагріву (камера нагрівача t^+). Між цими двома модулями розміщена скляна перегородка, яка розділяє дві зони: зони холодного та теплого повітря. На склі розміщені зразковий датчик теплового потоку та калібрувальні напівпровідникові датчиків теплового потоку, що працюють на ефекті Пельтьє. Виходи датчиків під'єднані до модуля аналого-цифрового перетворювача (АЦП), вихід якого підключено до персонального комп'ютера, що дає можливість контролювати рівні сигналу з відповідних датчиків і проводити порівняння отриманих даних з різних типів датчиків. Відношення сигналів зразкового датчика та калібрувальних напівпровідникових датчиків дозволяє отримати калібрувальний

коефіцієнт. Функціональною особливістю даної установки є визначення теплого потоку на вимірювальній поверхні, яка знаходиться між камерами нагрівача (t+) та холодильника (t-). Нагрівач (Н) встановлений в камері нагрівання, представляє із себе малоінерційний нагрівальний елемент з примусовим повітряним охолодженням. В якості охолоджувача використовується холодильник на елементах Пельтьє (Х), при цьому застосовуються 4 елементи Пельтьє сумарної потужності 240 Вт. Для регулювання потужності охолоджувальних елементів Пельтьє використовується широтно-імпульсний регулятор (ШР2). При цьому регулювання потужності, що задається, дозволяє змінювати температуру і швидкість охолодження в камері холодильника. За допомогою встановленого в цій камері цифрового датчика температури і вологості SHT-21 здійснюється контроль цих параметрів в камері охолодження (t-). Для регулювання та стабілізації температури в камері нагрівача використовується ПІД (пропорціональний інтегральний диференціальний регулятор температури в камері нагріву), який дозволяє підтримувати ізотермічні умови в камері в межах $\pm 0,1$ °С, ШР1 служить для регулювання напруги, що подається на нагрівальний елемент в режимі ручного регулювання температури в камері нагріву, а ШР2 через блок контролю потужності холодильника (БК) забезпечує регулювання температури охолодження в камері холодильника (t-). БІ1 (блок індикації температури і вологості в камері та потужності нагрівача) складається з сенсорів температури, вологості, струму, напруги та потужності, що характеризують режим в камері (t+). В блоку індикації БІ2 (блок індикації температури, вологості в камері, температури поверхні елементів Пельтьє та використаної холодильником потужності) додатково вимірюється температура на поверхні елементів. Калібрування виконується шляхом порівняння показів датчику теплового потоку, що калібрується (ДТПК) з зразковим датчиком теплового потоку (ДТПЗ) високої точності, після відповідної обробки даних на персональному комп'ютері. Похибка ДТПЗ становить в середньому 1,2 %. Блок водяного охолодження елементів Пельтьє складається із мідного теплообмінника, мініпомпи та двох вентиляторів охолодження теплообмінника. Для забезпечення рівномірної температури в камері t+ використовується блок управління швидкістю вентилятора в камері нагріву БУВ, що складається з регулятора оборотів вентилятора та п'яти аналогових датчиків температури ДТ (ТМР-36), що розміщені на вимірювальній поверхні. Окрім цього п'ять датчиків температури ДТ (ТМР-36) розміщені симетрично зі сторони камери холодильника (t-). Блок живлення нагрівача 220/12V/20А БЖ1 та блок живлення холодильника 220/12V/20А БЖ2 використовуються відповідно для живлення нагрівача та холодильника. Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) використовується для перетворення сигналів з датчиків теплового потоку та аналогових датчиків температури в цифровий сигнал для передачі через перетворювач інтерфейсу (ПІ) на персональний комп'ютер (ПК). Блок живлення БЖ3 220/12V/5А забезпечує живлення пристрою індикації, цифрових датчиків температури та тиску, мікроконтролера, а також через перетворювач напруги 12-17V (ПН) аналого-цифрових перетворювачів (АЦП). Для запобігання впливу мережевих перешкод та наводок на аналогові ДТ від джерела живлення (БЖ3) в режимі вимірювання використовується акумуляторна батарея, що заряджається через зарядний пристрій акумулятора живлення аналогових датчиків температури (ЗП), напруга/ступінь заряду контролюється індикатором напруги акумулятора (ІН).

Висновки. Створено систему калібрування напівпровідникових сенсорів вимірювання густини теплового потоку.

УДК 532.536

Басок Б.І., чл.кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.,
Давиденко Б.В., д-р техн. наук, старш. наук. співроб.,
Новіков В.Г., канд. техн. наук, **Беляєва Т.Г.**, канд. техн. наук,
Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна

НЕСТІЙКІСТЬ ПОВІТРЯНОЇ ТЕЧІЇ У ВЕРТИКАЛЬНИХ КАНАЛАХ З ВНУТРІШНІМ ПІДВЕДЕННЯМ ТЕПЛОТИ

Вступ. При внутрішньому підведенні теплоти у заповнений повітрям вертикальний канал виникає повітряна течія, що викликана дією термогравітаційної сили. Початковий період цієї течії супроводжується автоколивальними процесами, які можна розглядати, як прояв термогідрравлічної нестійкості в потоці [1].

Мета досліджень полягає у визначенні характеристик динаміки течії і коливань тиску та швидкості в каналі. Для цього виконується чисельне моделювання природної конвекції у вертикальному каналі при локальному внутрішньому підведенні теплоти. Задача описується системою диференціальних рівнянь, що включає рівняння нерозривності, рівняння переносу імпульсу, рівняння енергії та рівняння стану ідеального газу. Для розв'язання даної системи рівнянь у вхідному та вихідному перерізах каналу задаються значення тиску. У вхідному перерізі задається також значення температури повітря. Вважається, що внутрішнє тепловиділення відбувається на невеликій ділянці каналу, що розташовується ближче до його вхідного перерізу.

З результатів розрахунків характеристик повітряної течії у вертикальному каналі діаметром 0,1 м і висотою 1,25 м при внутрішньому підведенні теплоти потужністю 3000 Вт, що відбувається на ділянці від 0,1 м до 0,2 м від вхідного перерізу каналу, впливає, що від початку внутрішнього підведення теплоти температура на ділянці її підведення стрімко зростає. Відбувається температурне розширення повітря в каналі. При цьому повітря рухається як вбік вихідного перерізу каналу, так і вбік вхідного перерізу. Внаслідок поступового збільшення температури і зменшення густини повітря виникає термогравітаційна сила, яка змушує весь об'єм повітря в каналі рухатися вертикально вгору. Внаслідок цього швидкість повітря у вхідному перетині, також як і у вихідному перетині, стає позитивною. Але при цьому швидкість у вхідному перерізі значно менша, ніж швидкість повітря у вихідному перерізі каналу.

Зміна у часі швидкості течії повітря і надлишкового тиску в каналі при $\tau > 0,1$ с має характер періодичних коливань. У випадку, що розглядається, на часовому інтервалі $0,69$ с $< \tau < 0,71$ с середня швидкість течії повітря в каналі складає $5,644$ м/с. Амплітуда коливань швидкості $A_v = 0,01035$ м/с. Амплітуда коливань тиску $A_p = 2,53$ Па. Частота коливань швидкості і тиску $\omega = 227$ Гц. З результатів досліджень також впливає, що при одноковій потужності джерел тепловиділення зі збільшенням висоти каналу амплітуда коливань тиску A_p також збільшується, а частота коливань - зменшується.

З часом, внаслідок дії сили гідрравлічного опору, амплітуда коливань зменшується і коливання поступово затухають.

Висновок. При локальному підведенні теплоти в вертикальний канал виникає течія, що супроводжується коливаннями швидкості і тиску. Цей фактор необхідно враховувати при проектуванні теплоенергетичного обладнання.

Список використаних джерел

1. Басок Б. И., Давыденко Б. В., Гоцуленко В. В. Автоколебания в трубе Рийке при расположении электронагревателя непосредственно на ее входе // Сибирский журнал промышленной математики. – 2013. – Т. XVI, № 2(54). – С. 50 – 61.

References

1. Basok B. I., Davydenko B. V., Gotsulenko V. V. Self-oscillations in a Rijke tube with an electric heater located directly at its inlet // Sibirskiy zhurnal industrial'noy matematiki. - 2013. - Vol. XVI, No. 2 (54). - P. 50 - 61. (Rus.)

УДК 621.31

Дерев'янку Д.Г. канд. тех. наук, доц.,
Зайченко С.В. докт. тех. наук, проф.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Беспала Н.Г. енергоаудитор,

МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ КОМУНАЛЬНОЇ СФЕРИ.

Метою дослідження є підвищення енергетичної ефективності будівель комунальної сфери шляхом впровадження удосконалених методів оцінювання рівня доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності.

Для досягнення мети у роботі розв'язувались такі поставлені задачі: аналіз існуючих методів та підходів до підвищення енергетичної ефективності у будівлях; аналіз існуючих методів оцінювання доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності; співставний аналіз показників доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності; створення алгоритму інтегрального оцінювання рівня доцільності впровадження заходів з енергозбереження в будівлях.

Енергетична ефективність будівлі – це властивість будівлі, що характеризується кількістю енергії, необхідної для створення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей у такій будівлі. Загальним показником енергоефективності будівлі є її питома річна енергопотреба EP.

Відповідно до ДБН В.2.6-31:2016 нормується максимально допустима питома енергопотреба (EPmax) для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщенні віднесена до одиниці кондиціонованої площі або об'єму будівлі.

Клас енергетичної ефективності будівлі - розрахунковий рівень енергетичної ефективності будівлі або її відокремлених частин, визначений за інтервалом значень показників енергетичної ефективності, що встановлюються відповідно до вимог законодавства.

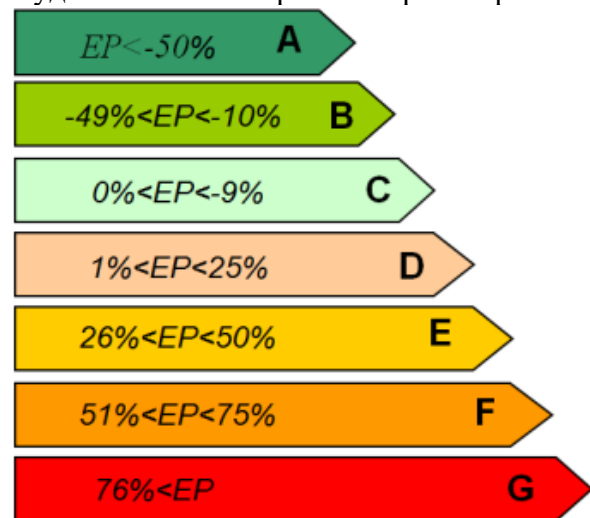


Рисунок 1 – Шкала енергетичної ефективності будівель.

Висновки. У рамках виконаних досліджень у роботі запропоновано алгоритм інтегрального оцінювання рівня доцільності впровадження заходів з енергозбереження в будівлях котрий спирається на низку економічних та технічних показників і дає змогу комплексно оцінити доцільність окремих заходів враховуючи також законодавчі вимоги щодо рівнів енергетичної ефективності в будівлях.

Список використаних джерел

1. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. С. 359
2. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні / ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіон України, 2015, - 203 с.
3. Denysiuk, S., Zaichenko, S., Opryshko, V., & Derevianko, D. (2021). ASSESSMENT OF CONSUMERS POWER CONSUMPTION OPTIMIZATION BASED ON DEMAND SIDE MANAGEMENT. EUREKA: Physics and Engineering, (2), 19-31

УДК 697.1

Дешко В.І., д.т.н., проф.; Білоус І.Ю., к.т.н., доц.; Буяк Н.А., к.т.н.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ ОПАЛЕННЯ НА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

В Україні як і інших країнах світу ведеться активна політика щодо підвищення рівня енергетичної ефективності житлово-комунального сектору. Питанням покращення теплозахисних властивостей огорожень будівель присвячена значна кількість публікацій закордонних та вітчизняних науковців. Впровадження енергоефективних/розумних режимів опалення будівель є невід'ємною складовою стратегій переходу країни від енергоефективності до енергонезалежності [1].

Мінімально допустимі вимоги до енергоефективності будівель з часом стають все вищими, а отже для їх виконання не достатнім є впровадження заходів по зменшенню трансмісійної складової втрат теплоти будівлі, необхідним є приділяти більшу увагу системам тепло забезпечення будівель, їх керуванню. Для аналізу економічного ефекту від впровадження переривчастих режимів опалення необхідно використовувати математичні моделі для аналізу енергетичних та комфортних показників будівель. В Україні діє стандарт щодо оцінки енергетичної ефективності будівель ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [2], в якому регламентовано укрупнений підхід до оцінки переривчастих режимів опалення. Стандарт [2] проводить розрахунок для помісячних інтервалів враховує лише графік зміни температури внутрішнього повітря в часі та не враховує теплоаккумуляційні властивості внутрішніх огорожень, радіаційну температуру поверхонь огорожень, добові коливання зовнішньої кліматології та інше. На сьогодні існує ряд програмних комплексів для визначення енергоспоживання будівель на основі стаціонарних, квазістаціонарних та динамічних методів. Найбільш деталізованим та наближеним до реальних умов є динамічні моделі для визначення енергетичних характеристик будівель [3]. В роботі використана динамічна сіткова модель 5R1C [3], яка заснована на базі стандартів EN ISO 13790 та EN 13786. Математична модель 5R1C дозволяє проводити погодинний розрахунок енергетичних характеристик будівель, враховувати показники комфорту з врахуванням теплоаккумуляційних властивостей внутрішніх та зовнішніх огорожень, мінливості погоднокліматичних умов, графіку використання приміщень та інше.

Об'єктом дослідження обрана 5 поверхова житлова будівля (ЖБ) 1961 року побудови, а також 2 поверхова будівля гімназії 1926 року побудови. Розглянуто будівлі після термомодернізації. Впровадження комплексу заходів з термомодернізації огорожень будівель дозволить зменшити споживання теплової енергії на 60 та 35% для ЖБ та гімназії, відповідно.

Для розрахунку переривчастих режимів опалення використано програмне забезпечення RETScreen, яке зазвичай використовують для аналізу інвестиційних проектів з питань енергоефективності будівель. Математична модель побудована в програмному середовищі RETScreen не дозволяє враховувати теплоінерційні властивості огорожень та використовує середньомісячні кліматичні дані NASA [4]. Для розрахунку за динамічною моделлю 5R1C [3] використано погодинні кліматичні дані типового року IWEC [5]. Відмінність результатів розрахунку при постійному опаленні за двома методами становить 10-12% (за еталонну обрано сіткову модель 5R1C), що пояснюється різними розмірами часових інтервалів обрахунків меншою деталізацією вхідних параметрів та неврахуванням інерційності огорожень у RETScreen.

Потрібно відмітити, що розглянуті будівлі мають різні графіки експлуатації, що дозволяє розповсюджувати отримані результати дослідження на значний спектр будівель різного призначення. Тривалість пониження температури внутрішнього повітря протягом доби для двох розглянутих типів будівель однакова. Для ЖБ розглядалось пониження внутрішньої температури повітря в денні години, для гімназії – в нічні. Сонячні тепло надходження в зону будівлі в денний час мають суттєвий вплив на енергетичні характеристики будівлі, а отже і на роботу системи опалення, управління нею.

Моделльний розрахунок показує, що впровадження переривчастих режимів опалення (зниження температури повітря на 3°C) дозволяє зменшити споживання теплової енергії на 13 і 16%

БУДІВЕЛЬ»

за програмою RETScreen та 10 і 11% - за моделлю 5R1C для ЖБ та гімназії, відповідно. На величину економії теплової енергії впливає велика кількість параметрів, серед яких: розташування об'єкту за сторонами світу, коефіцієнт застосування, впровадження загальнобудинкового чи локального регулювання по окремих зонах (квартирах), теплозахисні властивості огорожень будівлі, тепло інерційні особливості системи опалення та інше.

Висновки. Впровадження переривчастих режимів опалення для будівель після термомодернізації/сучасних будівель дозволяє заощадити на опаленні понад 13% - визначено на основі програми RETScreen, 10% - на основі динамічної сіткової моделі 5R1C, для житлового будинку та будівлі гімназії розташованих в м. Київ.

Список використаних джерел

1. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Буяк Н.А. Вплив переривчастих режимів опалення на динаміку енергопотребити та умови комфортності будівель з різним рівнем теплового захисту. Наукові вісті НТУУ КПІ. 2019. №4. С. 7-16.
2. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні / ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіон України, 2015, - 203 с.
3. Dешко V.I., Bilous I.Yu. Mathematical models for determination of specific energy need for heating and cooling of the administrative building. International Journal of Engineering & Technology. 2018. Vol. 7 (4.3). P. 325-330.
4. RETScreen - Clean Energy Management Software [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/tools/data-analysis-software-modelling/retscreen/7465>
5. International Weather for Energy Calculations: https://energyplus.net/weather-location/europe_wmo_region_6/UKR.

УДК 697.1

Басок Б.І., чл.кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.,
Лисенко О.М., канд. техн. наук, **Андрейчук С.В.**, **Веремійчук Г.М.**
Інститут технічної теплофізики НАН України

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТНИХ УМОВ ДЛЯ СПОЖИВАЧІВ ПРИ НЕДОТРИМАННІ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФІКА ПОДАЧІ ТЕПЛОТИ

Вступ. В енергетиці України є невирішені проблеми, що пов'язані з низькою ефективністю керування та споживання теплової енергії. Однією з них є невідповідність нормативного температурного графіка теплових мереж фактичному, що в свою чергу призводить до зниження комфортних теплових умов перебування людини у приміщеннях будівлі.

Метою роботи є впровадження заходів стосовно покращення опалення адміністративної будівлі для забезпечення комфортних умов перебування працівників.

Основна частина. Дослідження проводились в Інституті технічної теплофізики (ІТТФ) НАН України (корпуси №1, №2) по вул. Булаховського, 2. На рис. 1 показано графічні залежності основних параметрів теплоспоживання Інституту від температури зовнішнього повітря.

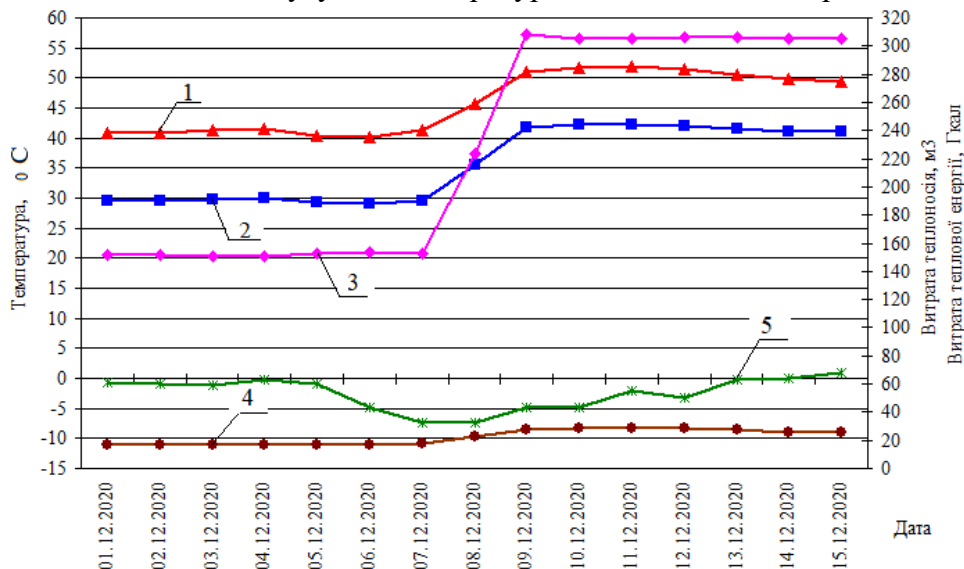


Рисунок 1 – Параметри теплоспоживання площадки ІТТФ НАН України: 1 – температура теплоносія в подавальному трубопроводі; 2 – температура теплоносія в зворотному трубопроводі; 3 – витрата теплоносія; 4 – витрата теплової енергії (масштаб 10:1); 5 – температура зовнішнього повітря.

Період з 01.12.2020 по 08.12.2020 рр. (рис. 1) відповідає роботі нерегульованого елеваторного теплового пункту з дуже низькою температурою подавального теплоносія з тепломережі (рис. 1, крива 1) і яка не відповідає температурному графіку, що призводить до недостатнього опалення приміщень Інституту. Тому в таких температурних умовах було прийнято рішення перейти на роботу індивідуального теплового пункту (ІТП) з гідравлічною стрілкою (корпус №1) та ІТП з електричними котлами (корпус №2). Як видно з рис. 1, після запуску ІТП (08.12.2020 р.) збільшилась витрата теплоносія у 2 рази (рис. 1, крива 3) в результаті роботи циркуляційних насосів, що входять до складу ІТП, і це в свою чергу дало можливість підвищити температуру в приміщеннях.

Висновок. Таким чином, навіть при недостатній температурі подавального теплоносія, за допомогою збільшення його циркуляції у 2 рази вдалося забезпечити мінімальні комфортні умови роботи працівників в приміщеннях Інституту.

УДК 536.24:536.33:697.133

Накорчевський А.І., д.т.н., пр.н.с.
Басок Б. І., член-кор. НАН України, д.т.н.,
Кужель Л. М., к.т.н, с.н.с.,
Інститут технічної теплофізики НАН України

ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ВІКОННИХ СКЛОПАКЕТІВ

В зв'язку з постійним підвищенням цін на енергоресурси, велика увага приділяється питанням енергозбереження та ефективного використанню енергії. У [1] і [2] велика увага приділена житловим та громадським будівлям, так як вони мають найбільший потенціал підвищення енергоефективності.

Віконні конструкції мають низьку теплозахисну здатність, то ж велика частина тепловтрат будівлі припадає саме на них. Тому важливо оцінити вплив усіх чинників на теплопередачу через віконні елементи огорожі. Для визначення питомих енергетичних показників тепловтрат склопакетів, при південній і північній їх орієнтації, були проведені розрахунки по створеній теплофізичній моделі, що дозволяє врахувати вплив радіаційної складової сонячного випромінювання на теплопередачу через віконний склопакет. Ця модель може бути застосована для розрахунку тепловтрат одно- і багатокамерних склопакетів та включає в себе математичні рівняння, які враховують всі природні кліматичні фактори: альbedo, час сходу і заходу сонця, швидкість вітру, добову густину енергії, коефіцієнт тепловіддачі, температурний коефіцієнт об'ємного розширення, коефіцієнти теплопровідності і кінематичної в'язкості, коефіцієнт температуропровідності і променевої тепловіддачі. Було розглянуто 4 періоди: середина зими (15 січня), середина весни (15 квітня), середина літа (15 липня), середина осені (15 жовтня). Також було проведено ряд експериментальних досліджень теплопередачі через віконні конструкції [3], [4]. Розбіжність між розрахунковими та експериментальними даними в середньому становить: для теплового потоку 1 – 1,5%, для температури 0,5 – 0,7%, що цілком задовільно.

Висновки. Проаналізувавши теплофізичну модель та проведені по ній розрахунки можна стверджувати, що тепла дія Сонця істотно впливає на тепловтрати через віконні склопакети і її необхідно враховувати. Починаючи зі сходу Сонця, незалежно від пори року, різко змінюється поведінка всіх характеристик впродовж усього світлового дня, це відображено на отриманих розрахункових і експериментальних даних. Особливо виражено цей вплив позначається на густині теплового потоку на внутрішній і зовнішній поверхнях вікна. Порівняльний енергетичний аналіз для одно-, дво- та трикамерних склопакетів показав, що із збільшенням числа камер склопакета тепла ефективність подальших камер не суттєво зростає, тобто оптимальним варіантом є встановлення двокамерного склопакету. Встановлено, що тепловтрати через трикамерний склопакет менші, але всього на 3 - 5%, ніж через двокамерний склопакет.

Список використаних джерел:

1. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року: постанова Каб. Міністрів України від 11.09.2015 р. № 1228-р. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-p>
2. Нова енергетична стратегія України до 2035 року: «Безпека, енергоефективність, конкурентно-спроможність». Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245213112>
3. Басок Б.И., Накорчевский А.И., Гончарук С.М., Кужель Л.Н. Экспериментальные исследования теплопередачи через оконные стеклопакеты с учетом действия внешних факторов. *Инженерно-физический журнал*. 2017. Т.90. №1. С. 94 - 101.
4. Б.И. Басок, А.И. Накорчевский, Л.Н. Кужель, С.М. Гончарук, О.Н. Лысенко. Экспериментальные исследования теплопередачи через стеклопакеты с учетом климатических факторов. *XV Минский международный форум по тепло- и массообмену*: тезисы докладов и сообщений (г. Минск 23 - 26 мая 2016) г. Минск, ИТМ им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, 2016. Том 3. С.280 - 283.

УДК 697+519

Басок Б.І. чл.-кор. НАН України, д-р. техн. наук,
Новіцька М.П. канд. техн. наук.
Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ У ВІДНОВЛЮВАЛЬНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Штучні нейронні мережі (ШНМ) - це інструмент моделювання та прогнозування, широко прийнятий як альтернативний спосіб вирішення складних та невизначених задач. Техніка моделювання з використанням штучної нейронної мережі пропонує рішення для розробки більш узагальненої моделі для прогнозування даних з використанням кліматичних та метеорологічних параметрів.

В науковій літературі можна зустріти статті, які використовують штучні нейронні мережі як інструмент для прогнозування в багатьох галузях науки в тому числі у відновлювальній енергетиці, наприклад, для прогнозування сонячного випромінювання [1, 2], вітру [3] та інш. Огляд робіт використання штучних нейронних мереж у відновлювальній енергетиці наведено в [4]. З наведених вище робіт слідує, що ШНМ можуть бути застосовані в широкому спектрі галузей для моделювання та прогнозування в енергетичних інженерних системах.

ШНМ представляють собою метод прогнозування, що працює як «чорна скринька» та не вимагає детальної інформації про систему. Це обчислювальні системи, натхнені біологічними нейронними мережами, що складають мозок тварин. Такі системи навчаються в процесі аналізу даних (поступально покращують свою продуктивність на них), розглядаючи приклади, загалом без спеціального програмування під задачу.

Моделювання реальних об'єктів навколишнього світу, як правило, супроводжується значними труднощами, які виникають ще на етапі постановки задачі [6]. Методологія, що застосовується, складається з чотирьох основних кроків: моніторинг, моделювання, валідація та оцінка.

В якості прикладу, можна навести використання техніки штучної нейронної мережі для прогнозування теплового потенціалу природного ґрунту для потреб опалення та охолодження будинків із застосуванням простої нейронної мережі.

Моніторинг було проведено на повномасштабному експериментальному стенді для дослідження теплофізичних процесів Інституту технічної теплофізики НАН України [5]. Одним із частин якого є вентиляція за допомогою повітряно-ґрунтового теплообмінника.

Моделювання, валідація та тестування експериментальних даних виконувались за допомогою програмного пакету MATLAB. А саме Neural Network Toolbox, що містить інструменти MATLAB для проектування, впровадження, візуалізації та імітації нейронних мереж. У цій роботі в рамках MATLAB (R2016a) використовувалась в розрахунках модель Левенберга-Маркватта. В моделі був присутній один прихований шар та 10 нейронів. Масив даних, що аналізувався розбивався у пропорції 70%, 15%, 15% для навчання нейронної мережі, її валідації та тестування відповідно.

Порівняння фактичних та прогнозованих ШНМ результатів для температури на виході із повітряно-ґрунтового теплообмінника показано на рис. 1. Прогнозування за допомогою ШНМ відбувається із прийнятною точністю. Коефіцієнти кореляції, варіюються від 0,881 до 0,889.

Ці результати доводять, що штучні нейронні мережі можна використовувати для цього типу прогнозування.

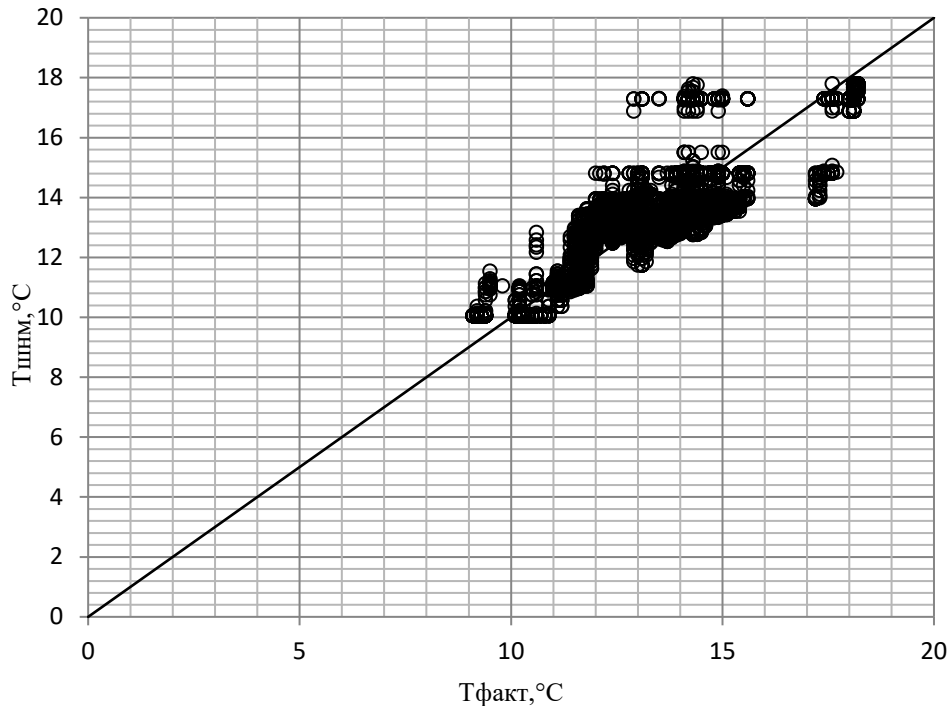


Рисунок 1 – Порівняння фактичних та прогнозованих ШНМ температур на виході із повітряно-грунтового теплообмінника.

Висновки

- Штучні нейронні мережі можна використовувати для прогнозування в задачах відновлювальної енергетики.
- Для налаштування таких системи ШНМ потрібні дані, що представляють опис реальної системи.
- Навчання та тестування розглянутого прикладу є достатньо задовільними, щоб передбачити температуру із врахуванням впливу погодних умов.
- Штучні нейронні мережі, як і всі інші методи наближення, мають відносні переваги та недоліки.

Список використаних джерел

1. W. I. Hameed, B. A. Sawadi, S. J. Al-Kamil, M. S. Al-Radhi, Y. I. A. Al-Yasir, A. L. Saleh, and R. A. Abd-Alhameed, "Prediction of Solar Irradiance Based on Artificial Neural Networks," *Inventions*, vol. 4, no. 3, p. 45, Aug. 2019. <https://doi.org/10.3390/inventions4030045>.
2. F. Rodríguez, A. Fleetwood, A. Galarza, L. Fontán, "Predicting solar energy generation through artificial neural networks using weather forecasts for microgrid control", *Renewable Energy*, vol. 126, p. 855-864, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.070>.
3. Ümmühan Başaran Filik, Tansu Filik, "Wind Speed Prediction Using Artificial Neural Networks Based on Multiple Local Measurements in Eskisehir", *Energy Procedia*, vol. 107, p. 264-269, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.12.147>.
4. Soteris A. Kalogirou, "Artificial neural networks in renewable energy systems applications: a review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 5, Issue 4, p. 373-401, 2001. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(01\)00006-5](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(01)00006-5).
5. В. Basok, М. Novitska, S. Goncharuk, М. Moroz and А. Tymoshchenko, "Experimental Passive House of the Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine," 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), Kyiv, Ukraine, 2019, pp. 108-111. <https://doi.org/10.1109/ESS.2019.8764182>.
6. М.А. Новотарський, Б.Б. Нестеренко. Штучні нейронні мережі: обчислення // Праці Інституту математики НАН України. – Т50. – Київ: Ін-т математики НАН України, 2004. – 408 с.

УДК 621.31

Яндутьський О.С., д-р. техн. Наук, проф., **Буханенко О.І.**, аспірант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МЕТОДИ ПОШУКУ АНОМАЛІЙ В ДАНИХ ВИМІРЮВАНЬ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Вступ. Задачі оцінки стану та моніторингу режимних параметрів мережі передачі розподілу електроенергії в даний час набувають особливе значення, оскільки це одна з умов функціонування інтелектуальних мереж, але об'єм і якість інформації про об'єкт, яка передається на рівень управління електроенергетичних систем (ЕЕС) дуже часто обмежені. На сучасному етапі розвитку ЕЕС, частка розподільних електричних мереж (РЕМ) із джерелами розосередженої генерації (ДРГ) з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ) постійно зростає. Це обумовлює ряд проблем, такі як накопичення енергії, зниження інерційності і стійкості ЕЕС в цілому. Тому дане питання потрібно вирішувати в короткостроковій перспективі для забезпечення надійного електропостачання споживачів. Виникає необхідність створення методів і засобів комплексного моніторингу електричних мереж та оцінки її стану і гнучкого інтелектуального управління. Дані моніторингу (частота, напруги, струми, стан комутаційного обладнання та ін.) режиму роботи ЕЕС є ключовим джерелом інформації для оцінки її поточного стану, функціонування систем керування та релейного захисту силового обладнання, тому висувуються нові вимоги до побудови інформаційно-технологічних систем управління ЕЕС [1, 2].

Аномалії при аналізі даних синхронізованих векторних вимірювань. Збільшення кількості пристроїв синхронізованих векторних вимірювань (ПСВВ), інтелектуальних лічильників, аналізаторів якості електричної енергії різко збільшують об'єми даних, які обробляються при управлінні ЕЕС. Ця інформація часто неструктурована, не синхронізована в часі, розосереджується та зберігається на різних серверах і базах даних з різною архітектурою і протоколами для комунікації. Тому всі ці фактори ускладнюють її обробку і аналіз. Оскільки отримані дані містять в собі інформацію про стан енергосистеми і динаміку зміни її режимних параметрів, дослідження цих даних може допомогти детально проаналізувати процеси в енергосистемі, виявити загальносистемні чи локальні аномалії (такі як зниження частоти та напруги), а також виявляти та прогнозувати вихід з ладу обладнання [3]. Швидке виявлення збоїв і аномалій – один із важливих процесів для підтримки безвідмовної роботи та ефективного керування ЕЕС.

Задача пошуку і виявлення аномалій в даних синхронізованих вимірювань – важлива проблема, яка досліджувалась в різних галузях. Багато методів виявлення аномалій були спеціально розроблені для конкретних задач, в той час як інші мають загальний характер.

На даному етапі досліджень відсутня загальноприйнята класифікація аномалій, але в зарубіжних виданнях найчастіше зустрічаються наступні [4]:

- Точкові аномалії – статичні викиди у вибірці даних, найпростіший і найпоширеніший вид аномалій (рис.1, а)
- Контекстні – умовні аномалії, оскільки ознаки аномальності проявляються в рамках визначеного контексту. Мають місце при аналізі для сезонних даних -застосовується як порівняння вибірок даних за певні однотипні періоди вимірювань, чи системних повідомлень [5] (рис.1, б);
- Колективні аномалії – сукупність даних, які взаємопов'язані, але є аномальними по відношенню до всього набору даних (рис. 1, в).

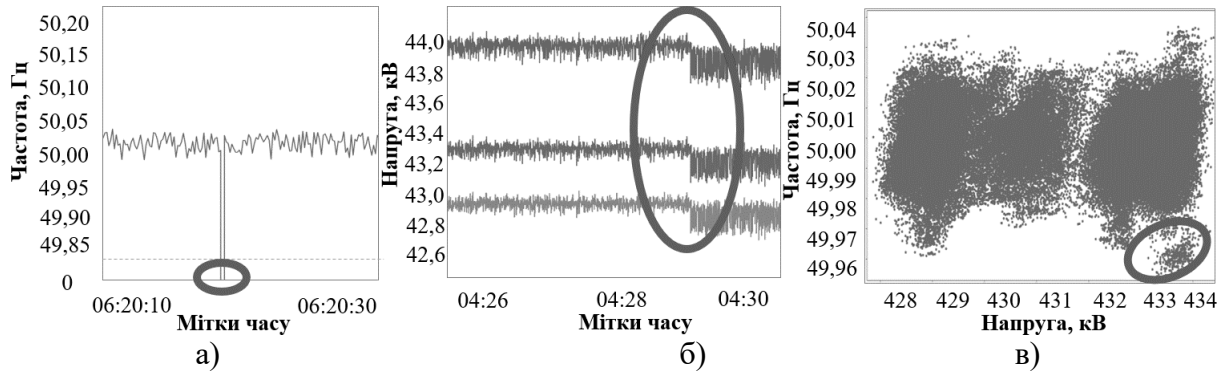


Рисунок 1 – Приклади аномалій: а – точкова, б – контекста, в – колективна.

Статистична оцінка даних дозволяє здійснювати прогнозування поведінки системи в майбутньому, опираючись на сукупність факторів, які привели до виникнення аномалії. Тому головною задачею аналізу режимних параметрів є застосування і адаптація алгоритмів для виявлення аномалій в роботі ЕЕС (коливання частоти, потужності, струмів) і в інформаційній мережі.

Висновки. Застосування інтелектуальних методів аналізу даних і виявлення аномальних режимів роботи може значно підвищити надійність їх функціонування, зводячи ризики прийняття хибних рішень системами керування до мінімуму, забезпечить можливість точного прогнозування режимів роботи. Кожен з розглянутих методів дозволяє вирішити конкретну задачу і має перспективи для подальших досліджень в майбутньому. Комплексне використання цих методів аналізу даних ПСВВ дозволить отримати повну інформацію про ЕЕС, що в свою чергу надасть можливість виявляти і досліджувати нові властивості.

Список використаних джерел:

1. Технічні вимоги до побудови інформаційно-технологічних систем диспетчерського управління ОЕС України [Електронний ресурс] / НЕК «Укренерго» - 2021. - Режим доступу до ресурсу: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2019/05/proekt-Tehnichnyh-vymog.pdf>
2. Укренерго розпочало впровадження системи WAMS для вдосконалення диспетчерського управління енергосистемою. [Електронний ресурс] / НЕК «Укренерго» - 2021. - Режим доступу до ресурсу: <https://ua.energy/zagalni-novyny/ukrenergo-rozpochalo-vprovadzhennya-systemy-wams-dlya-vdoskonalennya-dyspetcherskogo-upravlinnya-energosystemoyu/>
3. Machine Learning for Synchrophasor Analysis. Final Project Report September 2020 // Huiying Ren Zhangshuan HouHeng Wang Pavel Etingov
4. Varun Chandola, Arindam Banerjee, and Vipin Kumar. 2009. Anomaly detection: A survey. ACM Comput. Surv. 41,3, Article 15 (July 2009), 58 pages.
5. Evan Miller. 2007. Aberrant Behavior Detection in Time Series for Monitoring Business-Critical Metrics

References

- [1] Technical requirements for the construction of information technology systems of dispatch management of the UES of Ukraine.. NPC “Ukrenergo” 05.2019: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2019/05/proekt-Tehnichnyh-vymog.pdf> / (accessed Feb. 10, 2021)
- [2] Ukrenergo has started implementing the WAMS system to improve the control system of the power system. NPC “Ukrenergo”, 26.11.2019. <https://ua.energy/zagalni-novyny/ukrenergo-rozpochalo-vprovadzhennya-systemy-wams-dlya-vdoskonalennya-dyspetcherskogo-upravlinnya-energosystemoyu/> (accessed Feb. 10, 2021)
- [3] Machine Learning for Synchrophasor Analysis. Final Project Report September 2020 // Huiying Ren Zhangshuan Hou Heng Wang Pavel Etingov
- [4] Varun Chandola, Arindam Banerjee, and Vipin Kumar. 2009. Anomaly detection: A survey. ACM Comput. Surv. 41, 3, Article 15 (July 2009), 58 pages.
- [5] Evan Miller. 2007. Aberrant Behavior Detection in Time Series for Monitoring Business-Critical Metrics

УДК 621.31

Б.І. Басок, д-р. техн. наук, проф.;
О.М. Недбайло, д-р. техн. наук, старш. наук. співр.;
І.К. Божко, канд. техн. наук;
М.В. Ткаченко, канд. техн. наук;
М.П. Новіцька, канд. техн. наук, старш. наук. співр.
Інститут технічної теплофізики НАН України

ТЕХНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНОЇ ВІТРО-СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДИНКУ

Вступ. Прагнення досягти економії енергоносіїв органічного походження при одночасному зменшенні негативного техногенного впливу на довкілля, особливо в умовах глобального потепління клімату, спонукає до пошуків нових підходів у будівництві енергоефективних будівель і споруд. Одним із підходів щодо розв'язання вищезазначеної проблеми є створення пасивних та будинків «0-енергії» [1, 2].

На території Інституту технічної теплофізики НАН України у місті Київ реалізований енергоефективний будинок як науково-технічна та технологічна теплофізична лабораторія. В експериментальному будинку досліджуються та оптимізуються системи кліматизації з використанням відновлюваних джерел енергії, перспективні технології автоматизації та інформатизації процесів теплообміну в системах енергозабезпечення. При цьому, здійснюється послідовна реалізація технологічного ланцюга: будинок високої енергоефективності – пасивний будинок – інтелектуальний будинок – Micro Smart-Grid-0-Energy система.

Матеріали та методи досліджень. Аналіз метеорологічних даних щодо вітрового та сонячного потенціалів місцевості м. Києва показує, що в умовах урбанізованого міста можна створити повністю автономний будинок, електрозабезпечення якого буде здійснюватись із використанням енергії сонця та вітру. Розроблена система складається з вітрогенератора, сонячних модулів, інверторів, контролерів заряду та акумуляторів. Для резервування та забезпечення безперебійності експлуатації система передбачає автоматичне введення резерву (АВР) або залучення дизель-генератора [3].

Необхідний обсяг виробництва електричної енергії для найбільш ефективної експлуатації енергоефективного будинку складає близько 750 кВт·год на місяць. Для забезпечення електроенергією технічних споживачів будинку на односкатній покрівлі даху під кутом 33° встановлені 22 монокристалічних фотомодулів QSolar QS-240W потужністю 240 Вт та 60 полікристалічних фотомодулів Saluxo CX3 (на основі теллуриду кадмія) потужністю 80 Вт. Для м. Києва рекомендований кут максимальної річної генерації електроенергії (кут нахилу до горизонтальної площини фотомодулів) становить 38° .

Результати та обговорення. Як приклад, на рис. 1 наведені миттєві значення потоку енергії від інсоляції в грудні для м. Києва при куті нахилу поверхні у 33° до горизонтальної площини. Вони були отримані експериментальним шляхом у 2019 році за допомогою вимірювань піранометром CP-U1 власної розробки відділу теплометрії ІТТФ НАН України. Такі дані дозволяють приблизно оцінити можливий технічно-доступний потенціал використання сонячного випромінювання взимку для даної місцевості. Київській області та особливо місту Києву притаманна низька середньорічна швидкість вітру, а сам вітрогенератор встановлений в умовах щільної міської забудови, що дозволяє йому працювати з навантаженням до 70% від номінальної потужності.

Для того, щоб забезпечити заряджання акумуляторів від вітрогенератора за цих умов із відповідною швидкістю та враховуючи використання ще одного джерела енергії (в т.ч. сонячних модулів) для електроживлення об'єкту, доцільним буде встановлення приладу з номінальною потужністю не меншою за розрахункове значення середнього щогодинного споживання. В цьому випадку застосовується вітрогенератор Fortis Montana зі встановленою номінальною потужністю 5 кВт постійного струму напругою 48 В із вбудованим контролером заряду [3].

На рис. 2 наведена діаграма розподілу загального виробництва електроенергії гібридною системою (сонячна і вітроенергетична установки) для 2019 року.

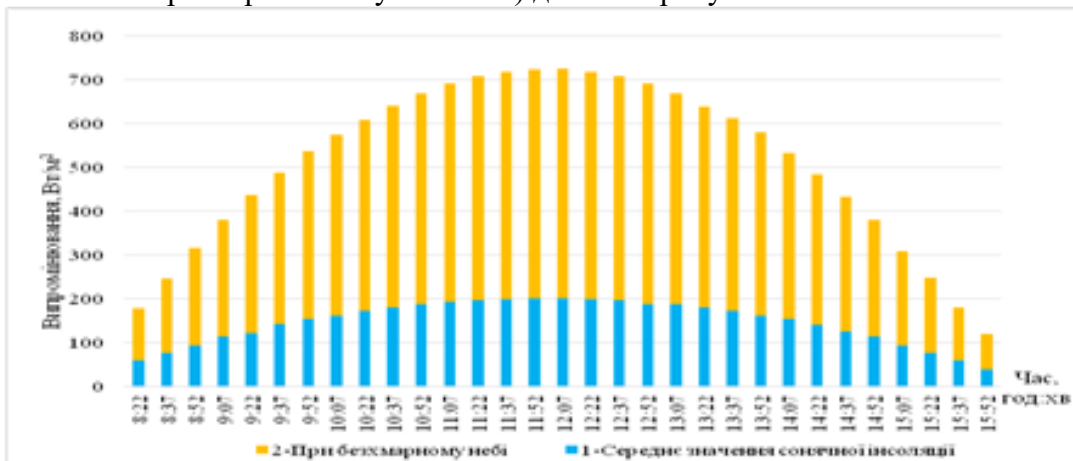


Рисунок 1 - Миттєве значення потоку енергії від інсоляції на поверхню з кутом нахилу в 33° у грудні для м. Києва.

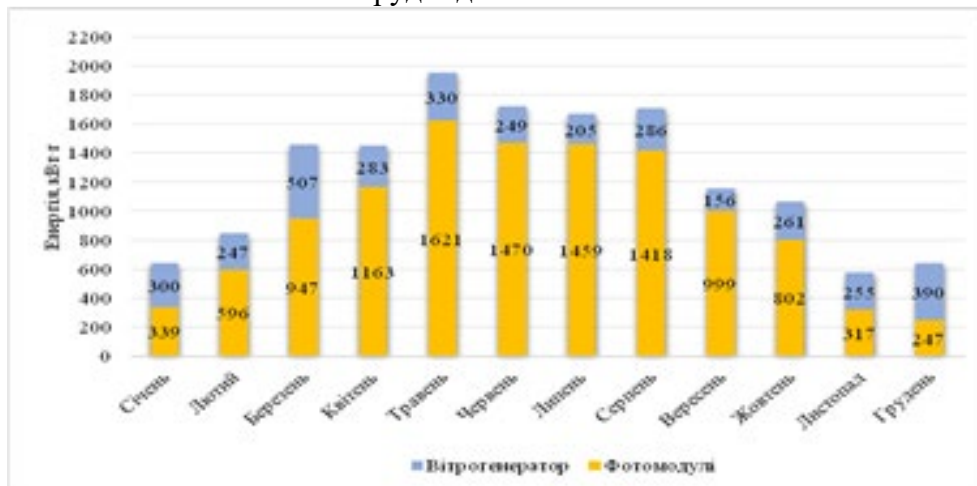


Рисунок 2 – Графік загального виробництва електроенергії гібридною системою.

При цьому, слід зазначити, що вирішальне значення для електрозабезпечення енергоефективного будинку має енергетичний внесок від фотомодулів.

Висновки

1. Результати досліджень доводять, що в умовах м. Києва існують потенційні можливості для створення житлових будинків із нульовим енергетичним циклом, в яких з метою електрозабезпечення досить успішно можуть використовуватись вітрогенераторні установки та сонячні фотомодулі.

2. Оціночні розрахунки засвідчують, що кількості електричної енергії від фотомодулів (загальна встановлена потужність сонячної станції становить 10,7 кВт) та вітрогенератора (номінальною потужністю 5 кВт) цілком достатньо для забезпечення енергоефективного будинку загальною площею 300 м².

Список використаних джерел:

1. Басок Б.И., Хибина М.А., Беляева Т.Г. Энергоэффективные дома типа «нуль энергии». Принципы создания и пути развития. Промышленная теплотехника, №6, Т. 35. 2013. С. 43 – 50.
2. Долінський А.А., Басок Б.І., Недбайло О.М., Беляева Т.Г., Хибина М.А., Ткаченко М.В., Новіцька М.П. Концептуальні основи створення експериментального будинку типу «нуль енергії». Будівельні конструкції. Вп. 77. 2013. С. 222 – 227.
3. Б.І. Басок, Т.Г. Беляева, І.К. Божко, О.М. Недбайло, В.Г. Новіков, М.А. Хибина Система електрозабезпечення експериментального будинку типу 0-енергії (площею 300 м²) на основі використання відновлюваних і альтернативних джерел енергії. Наука та інновації. 2015. Т. 11, № 6. С. 29 - 39. DOI: doi.org/10.15407/scin11.06.029

УДК 621.314:657

Бойко І.Ю, здобувач,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ З ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРАМИ.

Останнім часом все більш широке застосування знаходять комбіновані дизель-вітрові або дизель-фотоелектричні автономні енергоустановки, використання в яких відновлюваних джерел енергії дозволяє економити органічне паливо. Залежно від застосовуваних генеруючих джерел потужності системи електропостачання поділяються на дизельні, вітрові, сонячні, акумуляторні [1, 2]. У разі застосування генеруючих джерел потужності різних типів системи електропостачання поділяються на гібридні та інтегровані. У гібридних системах в одній локальній мережі об'єднані дизель-електричні установки, що працюють на органічному паливі, і вітрові або сонячні електричні установки, що використовують відновлювану енергію вітру і сонця. Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі використання енергії біопалива, сонячної енергії та дизель-генератора наведено на рис. 1 [1].

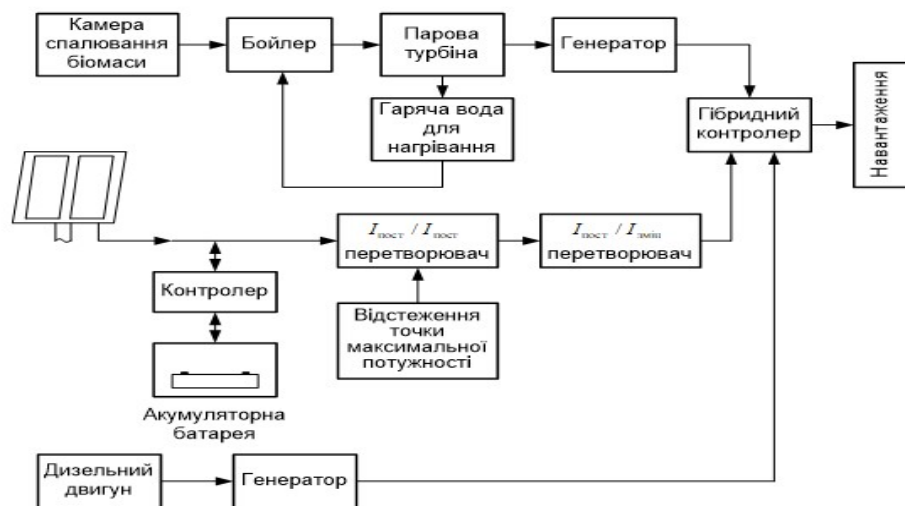


Рисунок 1 – Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі використання енергії біопалива, сонячної енергії та дизель-генератора.

Для дослідження енергоефективності роботи таких систем було обрано критерії, що мають безпосередній вплив на обсяги генерованої електроенергії. Для випадку системи із дизель-генератором у якості такого критерію обрано облік середньої витрати палива при генерації певного обсягу електричної потужності генератора.

На основі даних, наданих додатком «Калькулятор витрати палива дизельного генератора» ресурсу [2] була виконана побудова залежностей середньої витрати палива \bar{V} , л/год, від потужності дизель-генератора P , кВт, для трьох значень середнього навантаження на генератор у %. 50%, 75%, 100%, час роботи генератора становить 1 год. Одне із сімейств таких графіків наведено на рис. 2. Можна відзначити, що при зменшенні кроку приросту потужності при побудові залежностей стає помітною нелінійність в залежності потужності від середньої витрати палива. Якщо працювати у певному обмеженому діапазоні, наприклад 120 кВт – 200 кВт залежності є лінійними.

Існуюча наразі система усталеної лінійної тарифікації не дозволяє враховувати нелінійності у витраті палива при виробництві потужності дизель-генератором, яка має безпосередній економічний вплив на ефективність роботи будь якої гібридної системи, яка має у складі такий генератор. Для оптимізації роботи таких систем необхідне створення гнучкої динамічної моделі тарифікації.

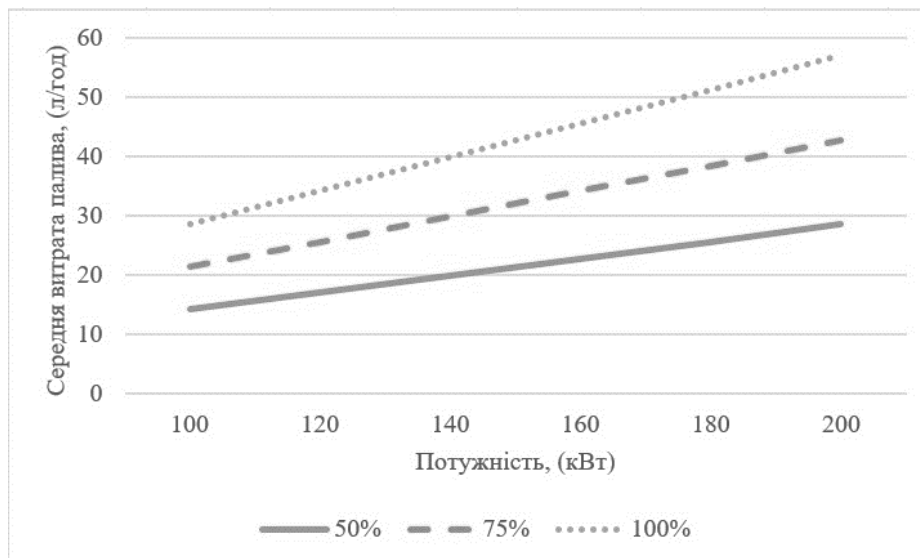


Рисунок 2.

При створенні динамічної електро-вартісної моделі ізольованої енергогенеруючої системи із дизель-генератором необхідно врахувати економічну складову роботи системи. Економічну складову наведеної системи доцільно розглядати як замкнену макроекономічну систему, баланс якої описується рівнянням Фішера [3]:

$$M \cdot V = C \cdot Q,$$

де M – грошова маса, що робить один оберт за час T_v , грн.; $V = T/T_v$ – кількість обертів грошової маси M за досліджуваний період часу T ; швидкість обороту залежить від обсягів економічної активності при заданій грошовій масі. Якщо інтервал часу заявлений, швидкість може бути представлена конкретним числом. В іншому випадку показник повинен бути заданий у формі числа за період часу. Для розробки математичної моделі динамічної тарифікації доцільно розглядати інтервал часу як одну секунду; C – ціна одиниці продукції, грн./шт.; Q – обсяги виготовленої продукції, шт., за час T . Приймаючи, що продукцією є електроенергія (кВт·С), рівняння Фішера матиме вигляд:

$$M \cdot V = C_B \cdot B + C_P \cdot P.$$

Дана модель дає можливість гнучкого нелінійного відстеження витрат палива, що з урахуванням вартості дизельного палива може слугувати у якості економічного критерія для визначення енергоефективності роботи генеруючої системи.

Список використаних джерел:

1. Хватов О.С. Дизель - генераторная электростанция с переменной частотой вращения вала / О.С. Хватов, А.Б. Дарьенков, И.М. Тарасов // Вестник ИГЭУ. – 2010. – Вып. 2. – С. 53–56.
2. Калькулятор расхода топлива дизельного генератора // URL: <https://mechatronics.by/service/utilities/diesel-genset-fuel-consumption/> (Rus).
3. Bordo Michael D. Equation of exchange // The New Palgrave: A Dictionary of Economics. – 1987. – №. 2. – P. 175–177.

УДК 621.311.003.13

Бориченко О.В., канд. техн. наук, доц.,
Чернявський А.В., канд. техн. наук, доц.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МОДЕЛІ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ДЛЯ ВИМІРЮВАНЬ ТА ВЕРИФІКАЦІЇ ЕНЕРГОРЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Згідно чинного національного стандарту України ДСТУ ISO 50006:2016 «Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанови» (ISO 50006:2014, IDT) для вимірювання та верифікації енергорезультативності систем енергетичного менеджменту застосовують показники енергоефективності. Базовий рівень енергоспоживання застосовується для порівняння значень енергоефективності протягом тривалого часу та кількісного оцінювання змін в рівні досягнутої енергоефективності. Для встановлення та оцінювання базового рівня енергоспоживання традиційно використовують регресійний аналіз [1].

Важливим інструментом вимірювання та верифікації енергорезультативності на підприємстві є встановлення базового рівня енергоспоживання (BRE), що являє собою математичну модель, яка описує залежність процесу енергоспоживання від певних впливових чинників. BRE використовується для моніторингу енергорезультативності за умови встановлення цільового значення енергоспоживання. Статистичний аналіз при побудові BRE дозволяє не лише будувати модель енергоспоживання, також виявити потенціальні можливості поліпшення енергорезультативності системи енергетичного менеджменту підприємства.

Виявлення можливостей поліпшення енергорезультативності та складання переліку цих можливостей за пріоритетами є результатом енергетичного аналізу. Збирання та аналізування даних створює підґрунтя для визначення пріоритетності можливостей поліпшення енергорезультативності. На основі переліку можливостей визначається планове цільове заощадження на певний звітний період, яке вимірюється та верифікується за умови порівняння фактичного, цільового та планового енергоспоживання, які визначені на основі встановленого BRE. На рисунку 1 наведено процес вимірювання та верифікації досягнення планового енергозаощадження [1].

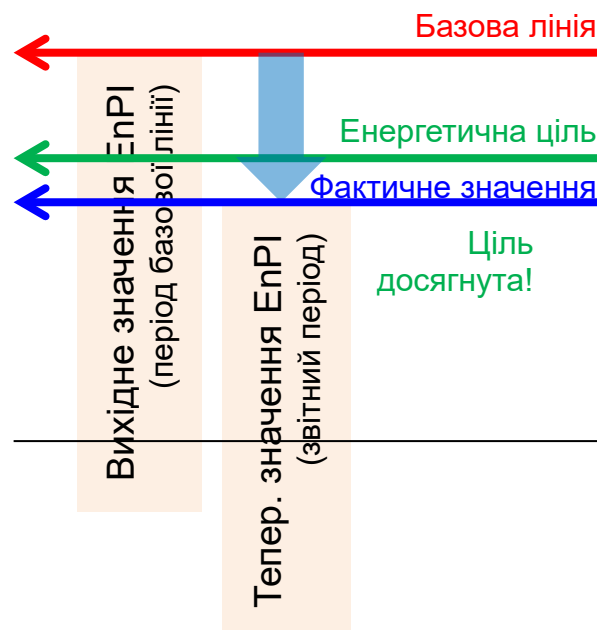


Рисунок 1 – Схематичне представлення вимірювання та верифікації енергорезультативності.

БРЕ встановлюються на основі енергетичного аналізу та дозволяють визначити основні показники та енергорезультативність. Проводиться кореляційно-регресійний аналіз та визначається регресійна модель залежності процесу енергоспоживання від певних факторів, що впливають на цей процес. Найбільш поширеними вважаються лінійні регресійні моделі через простоту та інтерпретованість [2].

Процес побудови БРЕ базується на встановленні статистично значущою залежності між процесом енергоспоживання та певними кількісними показниками, які мають потенційний вплив на зміну енергоспоживання. Дану задачу можна віднести до класичної задачі машинного навчання «навчання з вчителем». Для вирішення подібної задачі збираються статистичні дані за певний тренувальний період, потім знаходиться функція залежності між процесом енергоспоживання та чинниками, що впливають на даний процес. Для задач даного типу існує міжгалузевий стандарт дослідження даних «CRISP-DM» (Cross-Industry Standard Process for Data Mining)[3], який визначає методологічні рекомендації для побудови математичних моделей.

Згідно методики CRISP-DM модель життєвого циклу побудови регресійної залежності умовно можна поділити на шість етапів:

- 1) Розуміння технологічних і організаційних процесів на підприємстві;
- 2) Початковий аналіз даних;
- 3) Підготовка даних (заповнення відсутніх значень, аналіз відхилень від норми тощо);
- 4) Моделювання регресійної залежності;
- 5) Оцінка статистичної значущості моделі;
- 6) Впровадження.

Висновки. Для вимірювання та верифікації енергорезультативності системи енергетичного менеджменту на підприємстві встановлюють базовий рівень енергоспоживання. Встановлення та оцінювання БРЕ традиційно здійснюють на основі регресійного аналізу. Для побудови базових рівнів можна використовувати не лише регресійний аналіз, а також інші методи машинного навчання для встановлення залежності між змінними. Для вирішення такої задачі можна використовувати підхід до дослідження даних «CRISP-DM».

Список використаних джерел:

1. ДСТУ ISO 50006:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення і настанова. Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2016, 56 с.
2. Праховник А.В., Соловей А.И., Прокопенко В.В. Энергетический менеджмент. К.: Киевская нотная фабрика, 2001. 472 с.
3. CRISP-DM: проверенная методология для Data Scientist-ов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/company/lanit/blog/328858/>

УДК 621.311.16

І.М. Буратинський, мол. наук. співроб., асп.,
Інститут загальної енергетики НАН України

КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СИСТЕМ АКУМУЛЮВАННЯ

Умови роботи ринку електричної енергії, як створені у відповідності до Закону України «Про ринок електричної енергії» [1] передбачають першочергове підвищення надійності та безпеки електропостачання енергосистеми за допомогою регулювання графіка електричного навантаження (ГЕН) замість інвестицій у збільшення генеруючих потужностей. Однак, у кожному конкретному випадку слід проводити економічну оцінку щодо порівняння вартості впровадження засобів з регулювання попиту електричного навантаження, що використовується для зниження піків споживання у порівнянні з будівництвом нових електростанцій.

Робота ринку електричної енергії повинна забезпечувати баланс між попитом та пропозицією без будь-якого обмеження рівня споживання електричної енергії. Зменшити необхідність використання пікових генеруючих потужностей можна за допомогою управління попитом окремого споживача, тобто змінюючи рівень його споживання електричної енергії у відповідності до навантаження енергосистеми.

Метою даного дослідження є визначення можливостей керування попитом електричної енергії застосуванням систем акумуляції.

Керування попитом на електричну енергію споживачів є одним із можливих застосувань для системи акумуляції електричної енергії (САЕ). Технологічні рішення сучасних САЕ дозволяють вирішувати ряд задач, а особливості конструкції забезпечують можливість їх встановлення як на електростанціях, так і у вузлах енергосистеми або безпосередньо біля споживачів.

Вирівняти ГЕН можна за допомогою застосування різних тарифів на електричну енергію в залежності від часових зон споживання. В Україні діють фіксовані ціни на електричну енергію для побутових споживачів, які поділяються за відповідними тарифними коефіцієнтами. Двобонний тариф передбачає зменшення вартості електричної енергії наполовину в години мінімального навантаження енергосистеми з 23:00 до 7:00 години. Тризонний тариф передбачає збільшення вартості електричної енергії у 1,5 рази в години максимального навантаження енергосистеми з 8:00 по 11:00 та з 20:00 по 22:00 години; зменшення до рівня 40 % у години мінімального навантаження енергосистеми, як у двобонному тарифі [2].

Управління попитом електричного навантаження можна здійснювати через обмеження рівня споживання електричної енергії. Однак, такий метод є застарілим з точки зору ринку електричної енергії. Для підприємства важливим є планування своїх виробничих процесів на короткострокову та довгострокову перспективу. Тому, для окремих видів діяльності зміна графіка споживання електричної енергії є неможливим, або можливим зі відповідними втратами відпуску продукції. Механізми управління енергоспоживанням потребують оцінки впровадження САЕ для вирівнювання ГЕН із забезпеченням стабільності роботи підприємства.

При оцінюванні впровадження САЕ слід виділяти дві окремі складові, а саме: капітальні затрати при впровадженні (CAPEX) та операційні витрати протягом всього життєвого циклу (OPEX). До капітальних затрат входять кошти на закупівлю обладнання, включаючи витрати на проектування та будівництво. Операційні витрати для САЕ повинні включати кошти на періодичне оновлення акумуляторів, їх обслуговування, оплату заробітної плати персоналу, оренду земельної ділянки, тощо.

Середньозважена собівартість зберігання електричної енергії (Levelized Cost of Storage, LCOS) [3] залежить від багатьох економічних факторів, тому вона не є універсальною для всіх можливих застосувань САЕ. При розрахунку собівартості враховуються джерела коштів та умови інвестицій, визначається ставка дисконтування. Слід також враховувати ряд технічних особливостей: життєвий цикл акумуляторів, який залежить від типу акумуляторів, цикли та рівні заряджання та

розряджань, деградацію та зниження емісії забруднювачів в кожному наступним циклом та необхідність їх поповнення для підтримки ємності накопичувача, тощо.

Оцінка середньозваженої собівартості зберігання електричної енергії проведена Lazard по цінах 2020 р. становить 132-245 \$/МВт·год [3]. Для порівняння, оптові ціни на ринку на «добу наперед» та внутрішньодобовому ринку в піковій зоні ОЕС України становлять близько 67-68 \$/МВт·год [4].

Тому, в напрямку впровадження систем акумулювання електричної енергії для управління попитом споживання потрібно проводити наступні дослідження в межах окремих вузлів енергетичних систем. До прикладу, САЕ встановлена у окремому вузлі енергосистеми, може надавати послуги з управління попитом електричного навантаження для декількох споживачів. Такі умови роботи можуть розосередити витрати шляхом пошуку оптимального режиму роботи такої системи з мінімальними витратами коштів, що зменшить собівартість впровадження таких систем.

Висновки

Для керування попитом електричного навантаження замість будівництва нових пікових електростанцій у світі використовуються різні економічні та технічні механізми. Основним економічним заходом щодо перенесення електричного попиту із зони максимального в зону мінімального електричного навантаження енергосистеми є застосування економічних стимулів в залежності від зони графіка добового навантаження енергосистеми.

Впровадження систем акумулювання електричної енергії на сьогоднішній день має вищу собівартість у порівнянні з оптовими цінами на електричну енергію на ринку, однак постійне здешевлення технологій та пошук оптимальних режимів роботи таких систем робить їх актуальними для подальшого застосування для зменшення навантаження на енергосистему.

Список використаних джерел:

1. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017 р. № 2019-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення: 15.01.2021).
2. Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 5 червня 2019 р. № 1325 від 28.12.2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2020-%D0%BF#Text> (дата звернення: 15.01.2021).
3. Lazard. (2020). Lazard's levelized cost of storage analysis – version 6.0. URL: <https://www.lazard.com/media/451418/lazards-levelized-cost-of-storage-version-60.pdf> (дата звернення: 15.01.2021).
4. Оператор ринку. Мапа оптових цін. URL: <https://www.orec.com.ua/> (дата звернення: 15.01.2021).

References

1. Pro rynok elektrychnoi enerhii: Zakon Ukrainy vid 13.04.2017 p. № 2019-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (Last accessed: 15.01.2021) [in Ukrainian].
2. Pro vnesennia zmin do postanovy Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 5.06.2019 No1325 vid 28.12.2020 p. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2020-%D0%BF#Text> (Last accessed: 15.01.2021) [in Ukrainian].
3. Lazard. (2020). Lazard's levelized cost of storage analysis – version 6.0. URL: <https://www.lazard.com/media/451418/lazards-levelized-cost-of-storage-version-60.pdf> (Last accessed: 15.01.2021).
4. Market Operator. Map of prices. URL: <https://www.orec.com.ua/> (Last accessed: 15.01.2021) [in Ukrainian].

УДК 621.311

В.В. Пригоцький, студент,
Ю.А. Веремійчук, к.т.н., доцент,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ДОСЛІДЖЕННЯ ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ГРУП СПОЖИВАЧІВ В УМОВАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

З використання в Україні тарифів на електричну енергію, диференційованих за періодами часу стало залучення до неявного управління попитом на електричну енергію близько 17 тисяч споживачів промислової групи, які щорічно споживали близько 30 млрд кВт.г., або 25% усієї електричної енергії, що споживалась в Україні [1].

З 01 січня 2019 року втратили чинність тарифи, диференційовані за періодами часу, які визначалися згідно з постановою НКРЕ від 20 грудня 2001 року № 1241 «Про тарифи, диференційовані за періодами часу» (постанова НКРЕ від 20 грудня 2001 року № 1241 втрачає чинність згідно з постановою НКРЕКП від 23 серпня 2018 року № 894).

Відповідно до впровадження повномасштабного ринку електричної енергії продовжує функціонувати Оптовий ринок електричної енергії України на якому ціна електричної енергії формується погодинно та пропорційно добовому графіку навантаження, а саме в періоди максимального навантаження ОЕС України ціна на електричну енергію найвища, та в періоди мінімального навантаження ОЕС України – ціна на електричну енергію найнижча. Відповідно енергопостачальник має змогу формувати ціну на електричну енергію для споживача з урахуванням рівня погодинної ціни на електричну енергію в Оптовому ринку електричної енергії України [2].

Тому не побутові споживачі електричної енергії, які користувалися тарифами, диференційованими за періодами часу, мали змогу укласти договір з електропостачальником із застосуванням цін, що враховують добовий графік споживання електричної енергії, що буде більш привабливим для споживача.

Отже враховуючи зміни на ринку електроенергії в роботі була поставлена мета провести дослідження режимних характеристик групи промислових споживачів і їх можлива участь в частині забезпечення управління електроспоживанням.

В результаті первинного аналізу значень середнього погодинного споживання груп промисловість за режимний день 2019 року, який становить:

- ОЕС України – 5568 МВт;
- Дніпровська обл. – 2081 МВт;
- Донецька обл. – 743 МВт;
- Запорізька обл. – 485 МВт;
- Полтавська обл. – 326 МВт;
- Харківська обл. – 198 МВт;

Встановлено, що найбільш потужні промислові підприємства знаходяться в Дніпровському регіоні. Тому першочергово було проведено дослідження режимних характеристик в даному регіоні. Аналіз проводився за наступними критеріями: коефіцієнт нерівномірності (K_n), коефіцієнти завантаження (K_z) для ранкового, вечірнього та нічного періоду часу.

Дослідження проводилось з використанням методів кластерного аналізу [3]. Відповідно до агломеративного алгоритму кластеризації визначено міру схожості між групами споживачів і взаємні зв'язки, за результатом отримано дендрограму, на якій відслідковується процес поєднання груп споживачів промислового сектору (Рис.1).



Рисунок 1 – Результати кластеризації груп споживачів за характеристиками ГЕН у режимні дні (Кн, Кз(р), Кз(в), Кз(н)).

На отриманих дендрограмах відстежується суттєва різниця в об'єднанні груп споживачів промислового сектору та формуванні кластерів у Дніпровському регіоні у 2018 та 2019 роках. При цьому аналіз режимних характеристик ГЕН в умовах роботи нового ринку електроенергії є одним з визначальних факторів при прийнятті відповідних рішень щодо запровадження економічних стимулів щодо управління електроспоживанням.

Висновки

1. В роботі проведено дослідження режимних характеристик груп споживачів промисловість в умовах функціонування ринку електричної енергії після 01 січня 2019 року та у умовах дії тарифів диференційованих за періодами часу.
2. Встановлено, що групи споживачів, що входять до складу промислового сектору, які найбільше представлені в Дніпровському регіоні змінили свій графік споживання електричної енергії в умовах дії ринку.
3. Дані дослідження можуть стати первинним інструментом для аналізу, щодо формування пропозицій постачальниками електричної енергії та розробки тарифних меню для групи споживачів промислового сектору.

Список використаних джерел:

1. Anatoly Zamulko, Yuri Veremiichuk, Anatolij Mahnitko Assessment of potential electricity demand aggregation at ukrainian electricity market 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS) P. 377-381
2. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. НКРЕКП. Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/>
3. Веремійчук Ю.А. Замулко А.І. Дослідження графіків електричних навантажень груп споживачів електричної енергії. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2014. № 2 С 82-85. ISSN 1997-9266.

УДК 621.31

Дерев'янко Д.Г. канд. тех. наук, доц.,
Колодяжна А.О. студент,
Ницун Ю.Г. студент,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Роботу присвячено аналізу доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності. Для досягнення мети було проаналізовано, оцінено і погруповано ряд економічних показників, серед яких PP, ARR, NPV, PI, BCR, SIR, MARR, IRR та DPP. Основну увагу було приділено динамічній групі показників у зв'язку з тим, що під час їхнього розрахунку передбачають використання процедури дисконтування. Показники цієї групи враховують зміни вартості грошей у часі, чим нехтують показники статичної групи. Дана робота може бути використана при вирішенні проблеми низької енергоефективності та недостатньому фінансуванні для модернізації будівлі.

Ключові слова: енергоефективність, енергозберігаючі заходи, економічні показники.

В умовах постійного зростання цін на основні види енергоресурсів, особливої актуальності набувають питання енергозбереження та підвищення енергоефективності в будівлях. Для вирішення цієї проблеми є необхідним впроваджувати комплекс заходів спрямованих на підвищення енергоефективності будівель, які дадуть позитивний вплив не лише на комфортний режим перебування в них, але і на зменшення платежів за енергоносії. Для цього було проаналізовано перелік заходів, проведення яких в більшій мірі сприяє енергозбереженню і підвищенню ефективності використання енергетичних ресурсів/

Матеріал та результати досліджень. В умовах дефіциту фінансування та відсутності коштів у власників будівлі на її модернізацію, слід враховувати ефект від впроваджених заходів, які дадуть змогу обрати більш доцільний захід не лише з фінансової точки зору, а й з таких аспектів як енергетичний, економічний, ергономічний та екологічний.

Некоректно порівнювати проекти лише на основі первинних інвестицій в них, адже може виявитися, що за сумою витрат до повного зносу проект з меншими капітальними вкладеннями виявиться більш дорогим, а значить, менш вигідним. Тому розглянемо деякі види методів оцінки ефективності інвестиційних проектів. Такі показники можна умовно поділити на 2 групи: статичні та динамічні показники. Методи, що не передбачають використання процедури дисконтування, – статичні методи або прості методи. Зазвичай застосовується для зовнішньої демонстрації успішності того чи іншого проекту. Показники цієї групи у своїй формулі не враховують зміни вартості грошей у часі. Даний показник краще використовувати на початкових етапах оцінки та відбору інвестиційних проектів.

Існують такі методи, як термін окупності (PP) - це період часу, за який початкові витрати на реалізацію проекту покриваються сумарними результатами (економією) від його здійснення; та рентабельність інвестиційного проекту (ARR) – це показник, що показує прибутковість об'єкта інвестицій без урахування дисконтування. Перевага статичних показників в простоті розрахунку. До недоліків даної групи можна віднести складність прогнозування майбутніх грошових надходжень / доходів від проекту.

Динамічними називаються показники, які визначаються на основі значень результатів за проектом протягом всього строку реалізації проекту. Всі динамічні показники враховують фактор впливу часу. При їх розрахунку використовується техніка дисконтування.

1. Net Present Value – являє собою суму чистої економії за весь розрахунковий період з урахуванням зміни вартості грошей. Враховує не тільки витрати протягом життєвого циклу, а й ефект від реалізації заходів.

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

2. Індекс прибутковості (PI) - це розрахунок потенційного прибутку пропонованого проекту.
3. BCR – це коефіцієнт, який використовується в аналізі витрат і вигід для узагальнення загальної залежності між відносними витратами та вигодами від запропонованого проекту.
4. SIR використовується щоб визначити, чи виправдовує потенційна економія проекту початкові інвестиції.
5. Мінімальна приваблива ставка дохідності — це ставка, яка вказує нижню межу середньозваженої дохідності подібних альтернативних інвестицій з близьким ступенем ризику; її можна застосовувати як процентну ставку для дисконтування.
6. Внутрішня норма рентабельності - показує таку ставку дисконтування, при якій чистий дисконтований дохід дорівнює нулю.

Висновки. Використання економічних показників оцінки інвестиційних проектів дозволяє зробити вибір найбільш привабливих об'єктів для вкладення грошових коштів. Ми умовно поділили коефіцієнти на декілька груп, розглянули як статичні, так і динамічні методи оцінки. Перші підходять для демонстрації загальної характеристики об'єкта, тоді як динамічні дозволяють більш точно оцінити параметри вкладеної інвестиції. Аналіз показав, що є різні групи економічних показників. Кожна має свої переваги та недоліки. Тому, в залежності від потреб інвестора доцільніше обирати окремі групи економічних показників.

Список використаних джерел

1. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. С. 359
2. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні / ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіон України, 2015, - 203 с.
3. Офіційний сайт програмного продукту SGV, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sgv.in.ua/off-lifaq/28-otsinka-efektivnosti-investitsij-v-excel-rozrakhunok-npv-pp-dpp-irr-arr-pi>.

УДК 620.91 + 621.31

Замулко А.І., канд. техн. наук, доцент
Запорожець В.В., студент,
Копчиков О.М., студент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

РЕКОНСТРУКЦІЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМАТИВНОГО РІВНЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Вступ. В роботі зазначено, що пріоритетними цілями, наведеними в Енергетичній стратегії, передбачено, зокрема, зниження індексу середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні в системі (SAIDI) внаслідок незапланованих перерв з вини оператора системи розподілу до прогнозного значення 450 хвилин/рік/абонента в 2020 році та 150 хвилин/рік/абонента в 2035 році. На визначені значення індексу середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні в системі суттєво впливає фактичний технічний стан електромереж, а також повнота та якість їх організації експлуатації.

Розподіл електричної енергії здійснюється з допомогою близько 800 тис. км повітряних ліній напругою 0,4–220 кВ, 71,9 тис. км кабельних ліній 0,4 – 110 кВ та 208 тис. одиниць. ПС, ТП, РП 6–150 кВ. При цьому, близько 50% електричних мереж потребують капремонту, реконструкції та повної заміни через їх значну зношеність та хронічне недофінансування робіт з оновлення електричних мереж.

Мета роботи: здійснення комплексного аналізу поточної ситуації з забезпеченням надійного розподілу електричної енергії споживачам та формування відповідної системи моніторингу показників надійності для її використання при прийнятті рішення щодо реконструкції та модернізації електричних мереж оператора системи розподілу.

Основний зміст. Оновлення мережевого господарства повинно відбуватись на основі якісно нових підходів та вимог, що враховують застосуванням схем взаємного резервування на основі реклоузерів, об'єднаних єдиною системою диспетчерсько-технологічного управління, модернізації парку комутаційних апаратів та інших, заснованих на принципах інтелектуалізації електричних мереж.

Запропоновано розглядати впровадження системи моніторингу перехідних процесів (WAMS), використання інструментів для оцінки надійності мережі на рівні оператора розподілу (створення моніторингової системи); запровадження електронного обладнання з функцією передачі даних на диспетчерський пункт, а також керовані розподільні підстанції, інтелектуальні інвертори, інтелектуальний селективний захист та інше як складові проєктів реконструкції та модернізації мереж оператора розподілу. При цьому моделювання потенційних показників надійності електропостачання є одним з визначальних факторів при прийнятті відповідних рішень щодо реконструкції та модернізації електричних мереж оператора системи розподілу.

У якості висновків можна зазначити, що організація робіт з моніторингу показників надійності на рівні оператора системи розподілу, здійснення відповідного їх моделювання при прийнятті рішення щодо реконструкції та модернізації електричних мереж оператора системи розподілу забезпечить дотримання вимог щодо безпеки постачання електричної енергії та нормативного рівня надійності електропостачання споживачів.

УДК 620.91 + 621.31

Замулко А.І., канд. техн. наук, доцент
Іщенко О.С., аспірантка
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТАРИФІВ НА ПЕРЕРИВАННЯ В УМОВАХ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ

Вступ. Прийнятий згідно вимог Конституції України Закон України «Про ринок електричної енергії» поставив питання перегляду ряду нормативних документів з питань організації обмеження споживачів на роздрібному ринку електричної енергії. Для регулювання безпеки постачання електричної енергії і мінімізації відключень електроенергії у споживачів на роздрібному ринку існує необхідність узгодження принципів і інструментів для роботи ринку. Відсутність ефективного впровадження механізму балансування на ринку електричної енергії України створює всі умови для ймовірних відключень електроенергії у споживачів, що в свою чергу може принести значні економічні збитки всім учасникам ринку.

Мета роботи: формування пропозицій щодо реалізації завдань для функціонування механізму балансування на ринку електричної енергії України.

Основний зміст. Використання графіків відключення споживачів від електроенергії для зменшення навантаження ОЕС України є застарілою моделлю і не може відповідати нормам та вимогам нової моделі ринку електричної енергії України. Вивчення бажань та потреб споживачів є досить перспективним напрямом у підвищенні ефективності функціонування механізму балансування на ринку електроенергії та є важливим фактором при розрахунку тарифів на переривання. У даній роботі для мінімізації витрат через переривання електроенергії у споживача розглянуто створення гібридного економетричного підходу, який об'єднує переваги і дозволяє мінімізувати недоліки двох моделей: популярної моделі опитування споживачів та економетричної моделі. Економетрична модель, яка використовує додану вартість, створену групою споживачів за рік, є практичним способом оцінки витрат на заплановані відключення. Метод опитування споживачів є найпопулярнішим інструментом для оцінки надійності в умовах ринку електричної енергії. У роботі пропонується використовувати загальнодоступні дані споживачів зібраних за допомогою простого опитування споживачів щодо їх дій у разі небажаних перебоїв з подачі електричної енергії з урахуванням специфіки їх роботи. Варто зазначити, що дане дослідження фокусується на сценарії переривання, який призведе до найбільших витрат при відключенні, воно охоплює лише зимові відключення після обіду та виключає вплив різниці часу доби та сезону.

У якості висновків можна зазначити, що вивчення потреб і бажань споживачів, а також усвідомлення основних механізмів балансування на ринку створить можливості для підвищення ефективності функціонування ринку електричної енергії України. Вивчення оцінки перебоїв в електроенергетичній сфері, оцінки вартості надійності постачання електроенергії та витрати на переривання споживача (ВПС) є важливими і пріоритетними напрямками для вивчення, адже методологія побудови тарифів на ймовірне відключення має повністю базуватися на даних оцінках. Використання гібридного підходу як методу для оцінки ВПС є прозорим, зручним у застосуванні та нарешті недорогим для кожного з учасників ринку електричної енергії: влади, комунальних підприємств та споживачів.

УДК 621.3.072.2

Костюк В.О., канд. техн. наук, доц., Луценко Д.М., студент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОСОБЛИВОСТІ УСТАЛЕНИХ РЕЖИМІВ ВУЗЛА НЕРЕГУЛЬОВАНОЇ МІКРОМЕРЕЖІ З МАЛИМ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИМ ГЕНЕРАТОРОМ

Автоматизоване керування функціонування системи електрозабезпечення (СЕЗ) окремого споживача або групи електроспоживачів за схемою «мікромережі», обслуговування котрих здійснюється опертором розподільної мережі ОСР відповідно до умов абонентського приєднання із дотриманням стандартів якості електропостачання [1], є можливим у випадку забезпечення технічних можливостей переходу до функціонування СЕЗ у автономному режимі автоматично [2], або шляхом зміни схеми електропостачання наявними засобами керування вимикачів навантаження з ручним приводом [3]. Режим функціонування мікромережі із підтриманням приєднання до вузла зовнішньої розподільної електричної мережі є основним.

Особливого поширення за умов функціонування в Україні системи пільгових «зелених» тарифів, впроваджених на період до 2030 року на основі Закону «Про ринок електричної енергії» [4] набули інженерні рішення на основі малих генераторів сонячних фотоелектричних установок (СФЕУ) статичного типу із встановленою максимальною електричною потужністю до 30 кВт_{пк}.

Пропозиції виробників-постачальників електротехнічного обладнання, котрі здатні забезпечити можливості раціонального конфігурування електричної системи комбінованого типу за схемою мікромережі, якою є фактично система електрозабезпечення із СФЕУ малої потужності, постійно оновлюються кращими зразками. Зокрема, вже комерціалізованими є силові статичні перетворювачі – лінійка мережних інверторів ISGRID марки AXIOMA energy одиничною потужністю 10 кВт, номінальною напругою ~380 В, із можливістю організації паралельного з'єднання силових пристроїв та двома МРРТ-трекерами [3]. Схема приєднання з використанням зовнішнього реле й вбудованих засобів моніторингу дає можливість організувати функціонування СФЕУ в режимі резервного малого генератора (МГ) із забезпеченням процесів заряду акумуляторної батареї й належного контролю поточних значень параметрів всіх компонентів СЕЗ.

Однак, одним із технічних факторів впливу такої мережі на функціонування зовнішньої елекромережі є вплив на рівні напруг у вузлі приєднання, особливо у випадку наявності у традиційній розподільній ЕМ радіального типу довгих повітряних ліній електропересилання (ЛЕП) від основного силового трансформатора [5]. Зокрема зазначається, що після встановлення джерел рососередженої генерації в такій ЕМ відбувається зниження навантаження живильного фідера, а напруга вздовж ЛЕП може збільшуватися» [5, стор 48].

Загалом, *мікромережа* за своєю природою є розподіленою системою керування. У такій загальній постановці задачі керування, деякі функції керування у багаторівневій системі керування покладають на програмно-апаратні засоби мікромережним централізованим контролером, який розташовують поблизу вузла – «точки приєднання» (РСС – *Point of Common Coupling*) мікромережі до зовнішньої ЕМ [6].

Просту заступну схему мікромережі, що містить в основі два статичні генератори змінного струму, приєднані до вузла РСС зображено на рисунку.

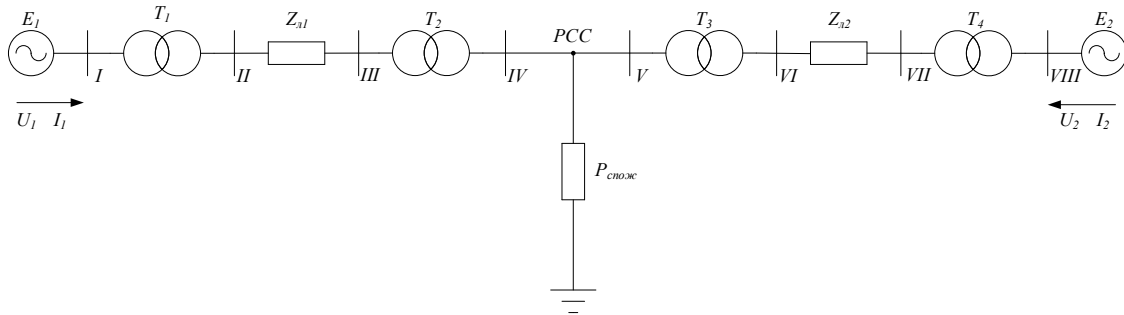


Рисунок 1 – Заступна розрахункова схема типової нерегульованої мікромережі з одним вузлом, у якій позначено: E_1 та E_2 – електричні генератори, причому E_2 – статичний генератор СФЕУ малої потужності; T_1 , T_2 – трансформатори ТМ-63/10/0.4; T_3 та T_4 – та ТМ-25/10/0.4; $P_{спож}$ – елемент заступної схеми, що відображає споживану активну потужність у вузлі; $Z_{л1}$, $Z_{л2}$ – імпеданси ЛЕП, виконаних проводом марки АППВ; I – VIII – номери перетинів лінії, для котрих виконується розрахунок режимних параметрів.

Зазвичай, МГ E_1 є потужнішим, отже він функціонує в режимі джерела напруги і задає частоту та рівень напруги у мікромережі; відповідно, МГ E_2 – в режимі керованого джерела струму. Завдяки функційній здатності згаданого інвертора СФЕУ (перетворювача МГ E_2) працювати в режимі резервного генератора, у разі втрати з'єднання з розподільною мережею з причини аварійного (понаднормового) зниження напруги у вузлі приєднання, або внаслідок несправності ліній пересилання тощо, мікромережа може керовано перейти до роботи у автономному режимі; такий інвертор самостійно задає значення частоти і напруги.

Основні розрахункові параметри основної розрахункової схеми наведено у таблиці:

Параметри	Позначення	Величина	Одиниці виміру
Повна потужність генератора (МГ E_1)	S_1	33	кВА
Повна потужність СФЕУ (МГ E_2)	S_2	11	кВА
Встановлена потужність інвертора МГ E_1	$S_{інв1}$	40	кВА
Встановлена потужність інвертора МГ E_2	$S_{інв2}$	13,2	кВА
Активна потужність інвертора джерела E_1	$P_{інв1}$	36	кВт
Активна потужність інвертора джерела E_2	$P_{інв2}$	12	кВт
Номінальна напруга МГ E_1 (ВН трансформатора T_1)	U_{II}	10.5	кВ
Номінальна вихідна напруга МГ E_2	$U_{2ном} = U_{VIII}$	400	В
Номінальна потужність трансформаторів T_1, T_2	S_{mi}	63	кВА
Номінальна потужність трансформаторів T_3, T_4	S_{mi}	25	кВА
Довжина повітряної лінії пересилання 1	l_1	10	км
Довжина повітряної лінії пресилання 2	l_2	1	км
Активна потужність споживачів	$P_{спож}$	40	кВт
Реактивна потужність споживачів	$Q_{спож}$	18.33	кВар
Повна потужність споживачів	$S_{спож}$	44	кВА

Дослідження можливих відхилень напруги у основних точках основної заступної схеми (поз. I–VIII на рисунку) здійснено шляхом розрахунку усталених значень режимних параметрів – напруг через втрати складових потужності, включно повної електричної потужності мікромережі – для низки наборів вхідних параметрів, беручи до уваги прогнозні значення споживання електричної енергії у години добового мінімуму електроспоживання. Отримані розрахункові дані підтверджують негативний вплив мінігенераторів МСР (СФЕУ малої потужності) на усталені значення напруги у вузлах розгалужень, до котрих приєднано радіальні лінії повітряних ЛЕП середньої напруги (на стороні вторинних обмоток СН силових трансформаторів підстанцій 35/10 кВ), наприклад, у сільській місцевості.

Серед можливих заходів, які можуть забезпечити контрольовану участь мінігенераторів мікромережі задля пом'якшення усталених режимів за напругою протягом доби, є застосування схем перемикачів СФЕУ в режим автономної роботи у години максимальної сонячної радіації, наприклад, з 10-ої години ранку до 2-ої по полудню. Відповідно, процес заряду резервних акумуляторних батарей СФЕУ здійснюється протягом періоду, коли сукупний попит/споживання МСР є мінімальним, а часові діаграми, за якими здійснюються раціональні зміни структури СЕЗ, є узгодженими із ключовими ідеями керування попитом (*Demand Response, DR*). Заходи й засоби *DR* мають на меті також участь мінігенераторів у задоволенні власного попиту місцевого споживача, оснащеного СФЕУ, саме у години підвищеного ранішнього і вечірнього попиту на електричну енергію.

Висновки. Результати розрахункових досліджень усталених режимів простої СЕЗ, виконаної за схемою мікромережі, підтверджують ймовірний небажаний вплив малих генераторів розосередженого типу на показники якості електропостачання, зокрема відхилення напруги понад нормовані значення, визначені стандартами.

Водночас, завдяки широким функційним можливостям сучасних малих генераторів на основі статичних напівпровідникових перетворювачів [3], зокрема з використанням технологій СФЕУ, вдається підвищити показники надійності постачання, котра є обов'язковою складовою якості, означеної в [1] за умов функціонування ринку електричної енергії в Україні [4].

Наведені результати дають змогу обрати раціональний режим керування СЕЗ із використанням функційних можливостей сучасних статичних перетворювачів енергії, які широко використовуються у складі малих сонячних, вітрових та комбінованих енергетичних установок.

Список використаних джерел:

1. Жаркін А.Ф. Нормативно-правове регулювання якості напруги в електричних мережах з джерелами розосередженої генерації / А.Ф. Жаркін, С.О. Палачов, В.О. Новський. – К.: Інститут електродинаміки НАН України. – 2018. – 161с.
2. Костиук В.О., Біліков В.М. Керування силовими перетворювачами малих генерувальних установок у складі мікромережі // Збірник тез доповідей V Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'19». – С. 34–35.
3. Гібридний інвертор AXIOMA energy ISGRAD 10000. Інструкція користувача. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://solar.biz.ua/inventory-ibp/solnechnye-inventory/setevoy-invertor-s-rezervnoy-funktsiy-10kvt-380v-isgrid-10000-axioma-energy.html>.
4. Закон України «Про ринок електричної енергії». – Харків: ТОВ «Видавництво «Форт». – 2017. – 208с.
5. Кириленко О.В. Технічні аспекти впровадження джерел розподільної генерації в електричних мережах / Кириленко О.В., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М. // Техн. електродинаміка. – 2011. – №1. – С.46–53.
6. Wei Du, Qirong Jiang, Micah J. Erickson, Robert H. Lasseter/ Voltage-Source Control of PV Inverter in a CERTS Microgrid / IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY 2014. – P.1–9. – DOI: [10.1109/TPWRD.2014.2302313](https://doi.org/10.1109/TPWRD.2014.2302313).

References

1. Zharkin A.F. Regulatory policy on voltage quality in electrical grids with distributed energy sources /A.F. Zharkin, S.O. Palachov, V.O.Novskii . – Kyiv; Institute of Electrodynamics of NAS, Ukraine. –2018. – 161p.
2. Kostiuk V.O., Bielikov V.M. Control system for small generators operating in microgrid supply // Proceedings of the V International Scientific and Technical Training Conference “Energy Management: State and Prospects for Development – PEMS'19” – 2019. – P.34–35.
3. [Hybrid inverter AXIOMA energy ISGRAD 10000. User manual. – Available at: https://solar.biz.ua/inventory-ibp/solnechnye-inventory/setevoy-invertor-s-rezervnoy-funktsiy-10kvt-380v-isgrid-10000-axioma-energy.html](https://solar.biz.ua/inventory-ibp/solnechnye-inventory/setevoy-invertor-s-rezervnoy-funktsiy-10kvt-380v-isgrid-10000-axioma-energy.html).
4. Law of Ukraine "On the Electricity Market". – Kharkiv: «Vydavnytstvo «Fort». –2017. – 208p.
5. Kyrylenko O.V. Technical aspects of distributed generation sources implementation into the grid / O.V. Kyrylenko, V.V. Pavlovskiy, L.M. Lukianenko // Technical electrodynamics. – 2011. – №1. – P.46–53.
6. Wei Du, Qirong Jiang, Micah J. Erickson, Robert H. Lasseter/ Voltage-Source Control of PV Inverter in a CERTS Microgrid / IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY 2014. – P.1–9. – DOI: [10.1109/TPWRD.2014.2302313](https://doi.org/10.1109/TPWRD.2014.2302313).

УДК 621.3.072+621.31

Костюк В.О., канд. техн. наук, доц.,
 Луценко Д.М., магістр, Радченко В.А., студент
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

КЕРУВАННЯ СПОЖИВАНОЮ ПОТУЖНІСТЮ МІНІГЕНЕРАТОРІВ У СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗА СХЕМОЮ МІКРОМЕРЕЖІ

Надійне та безпечне функціонування малих електричних генераторів на основі технологій відновлюваної енергетики, котрі приєднані до вузлів розподільної електричної мережі (ЕМ) середньої напруги, пов'язують із особливостями *децентралізованого керування* такими об'єктами, оскільки система електрозабезпечення із двонаправленим потоком потужності стає *активною* [1]. Зі збільшенням частки малих генераторів (потужностей *розосередженого генерування*) у електроенергосистемі сумарна потужність, що продукується генераторами такої *малої системи розподілу* (МСР, [2]) може сягнути значень, що перевищують сумарну потужність, споживану електроприймачами. Надлишок виробленої енергії за таких умов надходить від системи розподілу до системи пересилання електричної енергії.

Проблема перевантаження генераторів малої потужності, що функціонують у мікромережі. Малі електричні генератори (МЕГ) зазвичай є захищеними від перевантажень у спосіб регулювання (зменшення) частоти мікромережі [3]. Збільшення сумарного навантаження системи електрозабезпечення СЕЗ зазвичай призводить до перевищення потужності окремого мінігенератора P_{Omax} . Внаслідок тривалого режиму перевантаження такі МЕГ можуть припинити роботу (від'єднатись від МСР).

Для аналізу процесів керування мікромережею, на рис. 1 зображено діаграми залежності потужності двох мінігенераторів автономної мікромережі від робочої частоти вузла РСС.

На рисунку позначено: E_1, E_2 – ЕРС мінігенераторів змінного струму, наприклад, сонячних фотоелектричних мінігенераторів (СФЕГ); $Z_{спож}$ – еквівалентний опір комплексного електроспоживача, приєданого до вузла мікромережі; Z_1, Z_2 – еквівалентні імпеданси ліній електропередавання; P_1, P_2 – вихідна активна потужність мінігенераторів; E_M, P_M – еквівалентна електрорушійна сила й потужність зовнішньої малої системи розподілу МСР.

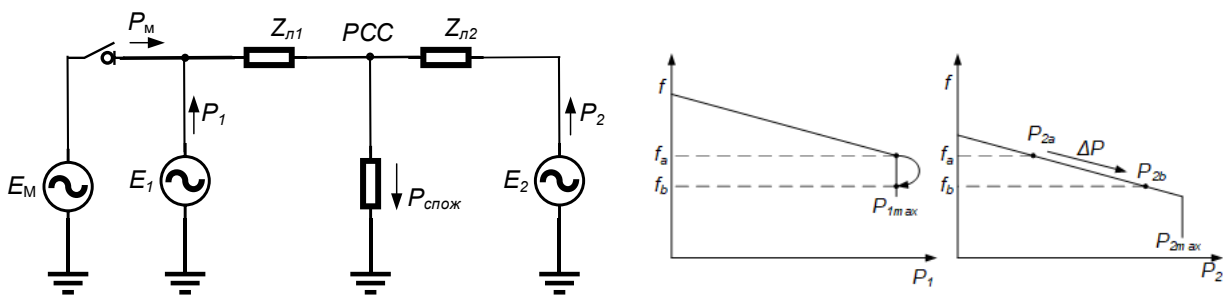


Рисунок 1 – Еквівалентна заступна схема мікромережі з двома мінігенераторами та їх статичні характеристики *активна потужність – частота*.

Відомі схеми автоматичного керування (САК) силовими статичними перетворювачами мінігенераторів, здатні забезпечити виконання таких функцій як регулювання струму та підтримання рівня напруги в точці приєднання РСС – через формування зовнішніх регульованих характеристик мінігенераторів потрібної форми, включно для синхронізованих режимів функціонування (синхронізовано із зовнішньою мережею).

Таблиця 1 – Функції статичних перетворювачів, що забезпечують режими мікромережі

Режим функціонування мікромережі МСР	Нерегульований мінігенератор (МЕГ) мікромережі МСР	Керований мінігенератор (МЕГ) мікромережі МСР
Мікромережа, що функціонує в режимі приєднання до МСР	Перетворювач частоти, що передає енергію до зовнішньої електророзподільної мережі МСР (ПЧ-МС)	Перетворювач частоти, що передає енергію до зовнішньої електророзподільної мережі МСР (ПЧ-МС)
Мікромережа, що функціонує в автономному режимі	Перетворювач частоти, що виконує функції мережетвірного (ПЧ-МТ)	Перетворювач частоти, що виконує функції мережетвірного (ПЧ-МТ)

Рівняння статичних характеристик *активна потужність-частота* та *реактивна потужність-напруга* мережетвірного частотного перетворювача (ПЧ-МТ) записують так [3]:

$$\omega_i = \omega^* - m_i P_i, \quad (1)$$

$$U_i = U^* - n_i Q_i, \quad (2)$$

де ω_i – величина вихідної частоти ПЧ-МТ i -го ($i = 1, 2$) мінігенератора, ω^* – номінальна частота у точці загального приєднання до мікромережі, m_i – величина статизму характеристики активна потужність-частота для ПЧ-МТ i -го мінігенератора типу СФЕГ.

Розрахункові статичні характеристики мінігенераторів у складі мікромережі.

З метою підтримання стабільності напруги в мікромережі, що працює автономно, одне з джерел генерування має функціонувати в режимі *керованого* джерела напруги. За допомогою рівнянь (3) і (4) можна визначити величини активної потужності P і реактивної потужності Q такого МЕГ [4, 5]:

$$P = \frac{U \cdot U_{PCC}}{X_L} \sin \delta, \quad (3)$$

$$Q = \frac{U}{X_L} (U - U_{PCC} \cdot \cos \delta), \quad (4)$$

де U – величина вихідної напруги інвертора; U_{PCC} – величина напруги у вузлі PCC ; X_L – реактивний опір лінії мікромережі від інвертора до вузла PCC ; δ – кут між векторами напруги генератора і вектора напруги в точці приєднання U_{PCC} .

Розрахунки статичних частотних характеристик МЕГ *активна потужність-частота* здійснюються за допомогою співвідношення:

$$\omega = \omega_{ном} - m_P (P_{спож} - P), \quad (5)$$

де $P_{спож}$ – активна потужність споживачів, кВт; m_P – величина статизму статичної характеристики МЕГ, обчисленого за виразом:

$$m_P = (\omega_{max} - \omega_{min}) / P_{max}, \quad (6)$$

причому ω_{max} , ω_{min} – максимальні та мінімальні допустимі значення частоти мережі, рад/с; P_{max} – максимальне значення потужності (з урахуванням розрахункового запасу – величини «перевантаження») для мінігенератора, кВт.

На основі розрахункових даних, одержаних для схеми мікромережі із вузлом приєднання до еквівалентного споживача PCC , за наведеними вище рівняннями побудовано статичні характеристики *реактивна потужність-напруга* $Q(U)$, які зображено на рисунку 2.

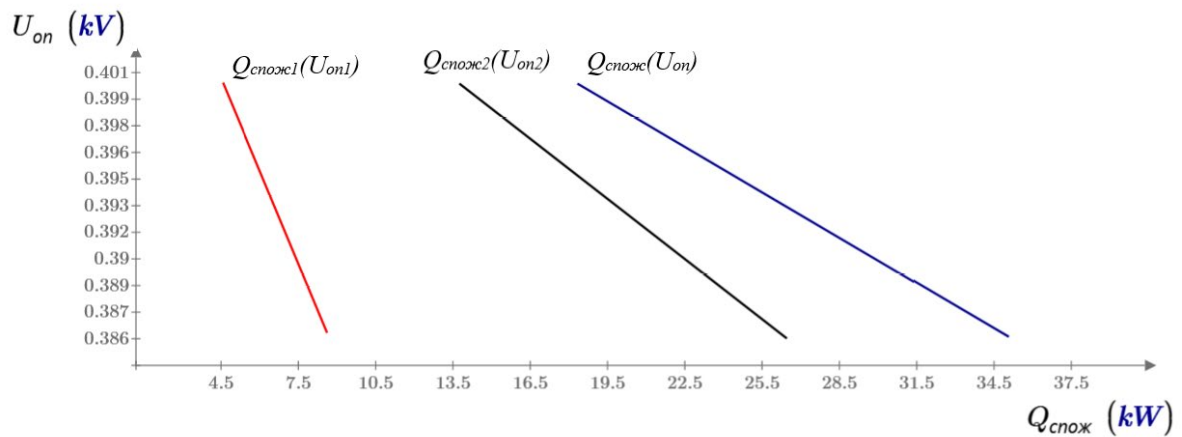


Рисунок 2 – Статичні характеристики реактивна потужність-напруга $Q(U)$: окремих мінігенераторів E_1, E_2 та сумарна.

Статичні частотні характеристики (СЧХ) активна потужність-частота $P(f)$ обох мінігенераторів мікромережі та результуючу характеристику зображено на рисунку 3.

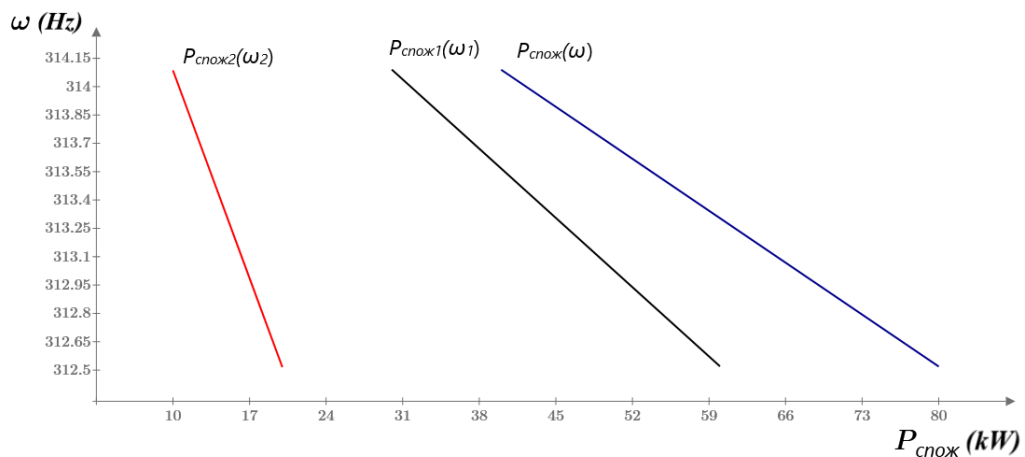


Рисунок 3 – Статичні частотні характеристики активна потужність-частота $P(f)$: окремих мінігенераторів E_1, E_2 та сумарна.

Наведені результати дають змогу обрати раціональний режим керування СЕЗ у першому наближенні, використовуючи функційні можливості сучасних статичних перетворювачів електричної енергії [6], які комерціалізовано для використання в Україні у складі малих сонячних, вітрових та комбінованих енергетичних установок.

Висновки. Мікромережі є високосумісними з фотоелектричними джерелами електроенергії. Мікромережа може працювати в режимі приєднання до паралельної роботи з розподільною мережею та в автономному режимі. Керування в режимі паралельної роботи з мережею МСР забезпечується через керування струмами мінігенератора, що зумовлює перехід такого генератора до режиму керованого джерела струму. За цих умов рівень напруги в мікромережі встановлюється електророзподільною мережею, відтак МEG мікромережі завжди можуть генерувати максимальну потужність за наявності пристроїв відстеження максимальної потужності MPPT. За умови налагодження засобів керування мікромережею з на основі МEG в автономному режимі дозволяє генераторам підтримувати напругу та частоту, тому малі генератори фотоелектричного типу (СФEG) можуть працювати в якості джерела напруги для живлення споживачів у автономному режимі.

Результати першочергових розрахункових досліджень ustalених режимів простої СЕЗ, виконаних для схеми простої нерегульованої мікромережі з двома , підтверджують ймовірний небажаний вплив малих генераторів розосередженого типу на показники якості електропостачання, зокрема відхилення напруги понад нормовані значення, визначені стандартами.

Водночас, завдяки широким функційним можливостям сучасних мінігенераторів електричної енергії, функціонують на основі статичних напівпровідникових перетворювачів частоти (СФЕГ малої потужності зокрема, [6]) вдається підвищити показники складових якості електропостачання, обумовлених вимогами сучасних стандартів якості, що висуваються до операторів ринку електричної енергії.

Список використаних джерел:

1. Кириленко О.В. Технічні аспекти впровадження джерел розподільної генерації в електричних мережах / Кириленко О.В., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М. // Техн. електродинаміка. – 2011. – №1. – С.46-53.
2. Кодекс систем розподілу / Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг №310 від 14.03.2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18#Text>.
3. The CERTS MicroGrid Concept / Robert Lasseter, Abbas Akhil, Chris Marnay, John Stephens, Jeff Dagle, Ross Guttromson, A. Sakis Meliopoulos, Robert Yinger, and Joe Eto. – U.S. Department of Energy. – 2002.
4. Костюк В.О., Біліков В.М. Керування силовими перетворювачами малих генерувальних установок у складі мікромережі // Збірник тез доповідей V Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'19». – С. 34–35.
5. Wei Du, Qirong Jiang, Micah J. Erickson, Robert H. Lasseter/ Voltage-Source Control of PV Inverter in a CERTS Microgrid / IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY 2014. – P.1–9. – DOI: [10.1109/TPWRD.2014.2302313](https://doi.org/10.1109/TPWRD.2014.2302313).
6. Гібридний інвертор AXIOMA energy ISGRAD 10000. Інструкція користувача. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://solar.biz.ua/inventory-ibp/solnechnye-inventory/setevoy-invertor-s-rezervnoy-funksiyei-10kvt-380v-isgrid-10000-axioma-energy.html>.

References

1. Kyrylenko O.V. Technical aspects of distributed generation sources implementation into the grid / O.V. Kyrylenko, V.V. Pavlovskiy, L.M. Lukianenko // Technical electrodynamics. – 2011. – №1. – P.46–53.
2. Code of Distribution Systems / Resolution of the National Commission for State Regulation in the Spheres of Energy and Utilities №310 of March 14, 2018. – Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18#Text>.
3. The CERTS MicroGrid Concept / Robert Lasseter, Abbas Akhil, Chris Marnay, John Stephens, Jeff Dagle, Ross Guttromson, A. Sakis Meliopoulos, Robert Yinger, and Joe Eto. – U.S. Department of Energy. – 2002.
4. Kostiuk V.O., Bielikov V.M. Control system for small generators operated in microgrid supply // Proceedings of the V International Scientific and Technical Training Conference “Energy Management: State and Prospects for Development – PEMS'19” – 2019. – P.34–35.
5. Wei Du, Qirong Jiang, Micah J. Erickson, Robert H. Lasseter/ Voltage-Source Control of PV Inverter in a CERTS Microgrid / IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY 2014. – P.1–9. – DOI: [10.1109/TPWRD.2014.2302313](https://doi.org/10.1109/TPWRD.2014.2302313).
6. [Hybrid inverter AXIOMA energy ISGRAD 10000. User manual. – Available at: https://solar.biz.ua/inventory-ibp/solnechnye-inventory/setevoy-invertor-s-rezervnoy-funksiyei-10kvt-380v-isgrid-10000-axioma-energy.html.](https://solar.biz.ua/inventory-ibp/solnechnye-inventory/setevoy-invertor-s-rezervnoy-funksiyei-10kvt-380v-isgrid-10000-axioma-energy.html)

УДК 621.31

Романченко О. С., магістрант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

РОЛЬ DSM ТА ДИНАМІЧНОЇ ТАРИФІКАЦІЇ У ПІДВИЩЕННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Сьогодні актуальним питанням для усіх країн світу є підвищення ефективності електроенергетичних систем, до складу яких входять виробництво, передача, розподіл та споживання електричної енергії. Сучасний стан електроенергетики тісно пов'язаний з поширенням системи Smart Grid. Поява даної концепції спричиняє поступовий перехід від традиційної до децентралізованої енергетики. Також цьому сприяє розвиток розосередженої генерації, відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), силової електроніки, накопичувачів енергії та поява активного споживача. Такі зміни призводять до виникнення певних проблем в загальній системі електропостачання, а саме до непрогнозованості генерації та значних небалансів електроенергетичної системи.

Підвищити рівень енергоефективності та надійності централізованих та локальних систем електропостачання, а також якість електроенергії можливо за рахунок запровадження нових технологій та принципів керування на локальному рівні енергосистем, зокрема на рівні Microgrid. Оперативне керування навантаженням можна досягти за рахунок застосування концепції керування попитом (Demand Side Management – DSM), що являє собою розвиток та розширення традиційних методів регулювання споживаної потужності та керування навантаженням, а також дає змогу змінювати рівень споживання згідно вимог системи. Перевагою такого методу регулювання для споживача є наявність різних тарифів на електроенергію для годин пікового та непікового навантаження, тобто наявність динамічної тарифікації. Динамічна тарифікація являє собою результат поєднання розвитку ефективних оптових ринків електроенергії та можливості використання даних інтелектуального лічильника, завдяки чому споживачі можуть використовувати свою гнучкість, споживаючи електроенергію в різні моменти часу [1]. Динамічне ціноутворення відносять до роздрібних цін на електроенергію, які принаймні частково впливають на волатильність оптових цін для кінцевих споживачів. Лише за умови достатньої проінформованості, а також якщо схеми ціноутворення прості у використанні на такому рівні, що дозволяють споживачам побачити об'єм можливих заощаджень на рахунках, вони стають зацікавленими в динамічному ціноутворенні на достатньому рівні для його впровадження. Загалом за рахунок керування попитом досягається вирівнювання графіку навантаження та оптимізується режим роботи споживача.

Електропостачання за рахунок лише ВДЕ майже неможливе, адже потенціал вітрових та сонячних електростанцій істотно варіюється протягом доби і не відповідає змінам графіків енергоспоживання. Достатньо надійні енергокомплекси, що здатні забезпечувати електропостачання різних децентралізованих об'єктів, мають поєднувати в собі декілька різномірних джерел електроенергії для досягнення рівномірної генерації електроенергії системою. Подібні енергокомплекси називають гібридними системами електропостачання. Гібридна система являє собою складну установку, за допомогою якої оптимізується вироблення всієї необхідної енергії в залежності від існуючих потреб в ній. Крім того, ця система спрощує існуючі можливості підключення споживачів електроенергії. Також існує можливість використовувати одночасно кілька джерел електричної енергії: вітрогенератори, сонячні батареї, дизельні генератори і навіть мікро гідроелектростанції. Найоптимальнішим є поєднання нестабільного відновлюваного енергоджерела з гарантованою – дизельною електростанцією [2].

Таким чином, для заохочення споживача, використовувати подібні енергокомплекси, необхідно враховувати вартість первинного палива кожного елемента комплексу та можливі шляхи зниження витрат цього палива.

Список використаних джерел:

1. Dynamic pricing in electricity supply. A EURELECTRIC position paper – February 2017.
2. Лукутин Б. В., Муравлев И. О., Плотников И. А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учебно пособие – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 128с.

УДК 621.311.3.031

Сінчук І.О., канд. техн. наук, доц.,
Берідзе Т.М., д-р. екон. наук, доц.,
Пересунько І.І., асист., Дозоренко О.В., асп.,
Краснопольський Р.І., асп.,
Криворізький національний університет,

ВОДОВІДЛИВНІ УСТАНОВКИ В СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Вступ. Системи шахтного водовідливу є невід'ємним і найбільш енергоємним технологічним процесом при видобутку залізорудної сировини. Підвищення енергетичної ефективності систем шахтного водовідливу безпосередньо пов'язано з необхідністю застосування на видобувних горизонтах і ділянках гідромеханізованих пристроїв. Різноманітний спектр обладнання та робочих процесів на шахті може ускладнити розуміння де і наскільки ефективно споживається енергія. Багато динамічних факторів також впливають на енергію споживання, таких як технологія та складові шахт, вік та ефективність обладнання, мотивація і навички персоналу.

Оскільки провідна практика формування комплексної оцінки електроспоживання водовідливними установками будується на відповідних статистичних даних, вирішення питання необхідної їх кількості та обмежень є досить важливим. Тому важливо встановити поточний стан будь-якої існуючої енергоінформаційної системи, а потім розробити обґрунтований план дослідження.

При формуванні комплексної оцінки електроспоживання водовідливними установками доцільно включати наступні етапи, а саме: збір даних, моделювання та аналіз. На кожному з цих етапів природно зафіксувати частоту доступності електроенергетичних даних. Здійснення контролю та управління енергозбереженням щодо водовідливних установках на основі наявного методичного забезпечення без його ґрунтовної переробки практично неможливо, оскільки спрямовано на застосування спрощених аналітичних і емпіричних залежностей, розрахованих на одні і ті ж, незалежно від умов, вихідні дані. Тому, вважаємо за доцільне застосування експериментально-аналітичного підходу.

Мета. Формування основних підходів щодо комплексної оцінки електроспоживання водовідливними установками.

Основний зміст. При формуванні комплексної оцінки електроспоживання водовідливними установками постає питання як зміниться споживання кожного джерела електроенергії порівняно з минулим роком, і які причини (такі як збільшена через глибину шахти, менша кількість зневоднення, зміна якості руди, кількості насосів або їх потужності зміна процедур). Опрацювання цих питань визначає можливості задля формування комплексної оцінки електроспоживання водовідливними установками. Аналіз такої інформації становить основу щодо відповідних пріоритетів задля формування комплексної оцінки електроспоживання водовідливними установками щодо енергетично-інформаційної системи. Дослідження доцільно розпочати з аналізу річних або щомісячних даних, вивчення тенденції у використанні електроенергії протягом означених періодів. Щоденні або погодинні дані споживання надають більш детальну інформацію. Робочий процес вважається безперервним і відносно незмінним, великі стрибки та інші можуть бути виявлені аномалії використання електроенергії та дати важливе уявлення про сфери процесу, які слід дослідити більш докладно. Дані дослідження можуть підкреслити частку електроенергії «базового навантаження» споживання. Вивчаючи споживання електроенергії під час простоїв виробництва, непотрібно ідентифікувати електроенергетичні навантаження [1]. Порівнюючи споживання електроенергії при виробництві у часі, доцільно проаналізувати: які компоненти базового навантаження; як базове навантаження порівнюється з іншими подібними навантаженнями; як базове навантаження порівнюється з теоретичними межами процесу; чи можна ці навантаження контролювати, щоб вони працювали лише тоді, коли вони роблять свій внесок виробництво.

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

Інший варіант включає: використання тимчасових реєстраторів даних для моніторингу електроспоживання водовідливними установками від існуючих лічильників; використання тимчасового обліку або перетворювачів на існуючих лічильниках; організація встановлення лічильника інтервалу часу; зчитування існуючого лічильника (наприклад, лічильника рахунків) кожного дня в один і той же час протягом місяця [2].

З огляду на це може бути сформульовано основні складові формування щодо підходів комплексної оцінки електроспоживання водовідливними установками [3]: теоретичне обґрунтування методологічних положень моніторингу ефективності електроспоживання водовідливними установками, моделювання; оптимізації та прогнозування; обґрунтування та визначення інформативних ознак і показників енергоефективності за допомогою факторного аналізу; побудова математичних регресійних моделей і їх оптимізація за критеріями: питомого електроспоживання, продуктивності і собівартості електроенергопостачання; побудова та прогнозування комплексного показника енергоефективності за допомогою аналітичного і багатофакторного аналізу, аналіз часових рядів. Це особливо важливо в умовах обмеженого обсягу сукупності даних. Застосування дискримінантного аналізу, методу головних компонент і факторного аналізу значно полегшують розбиття всієї сукупності вихідних даних на однотипні і однорідні підмножини (класи). При цьому у всіх випадках оцінювання інформативності ознак повинно виконуватися на основі теоретико-інформаційного підходу до вирішення завдань типовий класифікації та діагностики споживання електроенергії водовідливними установками з використанням заходів статистичного зв'язку між факторами [4]. Для оцінювання корисності інформативних параметрів споживання електроенергії водовідливними установками може служити середнє значення евклідової відстані між математичними очікуваннями всіх пар поєднань образів [4].

Висновки. Реалізація наведених шляхів можлива на базі сучасного математичного апарату. При цьому особливе місце займає початкова інформація. Як правило, вона характеризується певним набором просторових ознак, що впливають на ефективність електроспоживання. Тому до якості сукупності вхідних даних, інформативних ознак повинні існувати відповідні вимоги.

Список використаних джерел:

1. Синчук И. О. Электроэффективность производства с подземными способами добычи. Монография / И.О. Синчук, Э.С. Гузов, А.Н. Яловая, С.Н. Бойко; под редакцией доктора техн. наук, профессора О.Н. Синчука. Изд. LAP LAMBERT Academic Publishing 2016. 351 с.
2. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Интеллектуальні електричні мережі і електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення. Технічна електродинаміка. 2010.-№ 6. С. 44-51.
3. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрии. Москва.:ЮНИТИ, 1998. 1022 с.
4. Розен В. П., Давиденко Л..В. Нейромережеве моделювання електроспоживання підприємств вугільної галузі Вісник КДУ імені Михайла Остроградського. Вип. 3/2010 (62). 2010.- С. 156-160.

References

1. Sinchuk, Y.O. Huzov, E.S. Yalovaia, A.N. and Boyko S.N. (2016), 'Elektroeffektivnost' proizvodstva s podzemnymi sposobami dobychi, [Electrical efficiency of production with underground mining methods], Izd. LAP LAMBERT Academic Publishing, Berlin: Germany, p. 351.
2. Stohnij, B. S. Kyrylenko, and O.V. Denysiuk, S.P. (2010), «Technical aspects of the implementation of distributed generation sources in electrical networks». Tekhnichna elektrodynamika, vol.6, p. 44-51.
3. Aivazyan, S.A. and Mkhitaryan, V.S. (1998) Pryingadnaia statystyka y osnovy ekonometryu [Applied statistics and basics of econometrics] Moscow: Russia, p. 1022.
4. Rozen, V.P. and Davydenko, L.V. (2010), «Neural network modeling of electricity consumption of enterprises of the coal industry», Visnyk KDU imeni Mykhajla Ostrohrads'koho. Vypusk, vol. 3/2010 (62), p. 156-160.

УДК 697.34

Шевченко О.М., к.т.н., доц., Шовкалюк М.М., к.т.н., доц.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

РОЗВИТОК СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В КПІ ІМ.ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО

Кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського налічує близько 50 будівель різного призначення та інженерні мережі, експлуатація та утримання яких вимагає значних витрат, які щорічно зростають. В КПІ ім. І.Сікорського функціонує [1] дворівнева система енергетичного менеджменту (СЕМ), діяльність якої включає не тільки організаційно-управлінські, інформаційні, мотиваційні заходи, але й технічні, зокрема розробки автоматизованого робочого місця енергоменеджера (АРМЕ) з структурними елементами програмного забезпечення системи енергомоніторингу [2]. Об'єкти, що знаходяться на балансі університету, також являють собою дослідний майданчик для різноманітних дослідницьких робіт, чому всіляко сприяє СЕМ в рамках співпраці з іншими структурними підрозділами, факультетами та кафедрами [3]. Підвищення рівня енергоефективності закладу освіти не можливо системно здійснювати за відсутності обліку даних енергоспоживання, і у даній публікації вивчається можливість створення системи віддаленого енергомоніторингу на базі програмного продукту Arcgis.

Пропонована система має містити наступні складові: 1) геоінформаційна база даних, 2) цифрова карта території, що включає будівлі та інженерні мережі; 3) розподілений апаратно-програмний комплекс, що забезпечує функціонування АРМЕ установи/підрозділу/будівлі з різними правами та рівнями доступу користувачів, 4) автоматизований облік та аналіз даних енерговикористання, 5) оповіщення щодо появи нештатних/аварійних ситуацій та моделювання наслідків методами мережевого аналізу, 6) формування звітності для прийняття рішень, 7) прогнозування витрат енерго-ресурсів у різних часових інтервалах зі врахуванням нормативних показників і прогнозних значень зовнішніх впливових факторів, 8) аналітичний блок: статистичний, кластерний, порівняльний аналіз; енергобаланс установи; базовий рівень енергоспоживання; оцінювання потенціалу енергозбереження; рейтинг підрозділів за рівнем енергоефективності, 9) моніторинг показників мікроклімату приміщень (температура, вологість, рівень CO₂), 10) управління (ручне або сценарне) режимами функціонування споживачів енергії за видами, 11) мобільний додаток, 12) захист даних.

Висновки: вирішення питання моніторингу, аналізу та прогнозування енерговитрат пропонується з застосуванням геоінформаційних технологій, що дозволить реалізувати оперативне управління не лише енергоспоживанням об'єкту, а й відслідковувати в реальному часі режими роботи інженерних мереж та обладнання. Для реалізації даного проекту доцільно залучити не тільки фінансові інвестиції, але й науковий потенціал закладу освіти, студентів та зацікавлені організації.

Список використаних джерел:

1) Управління ефективністю енерговикористання у вищих навчальних закладах: монографія / І.Ю.Білоус, В.І.Дешко, І.О.Суходуб, Шевченко О.М., Шовкалюк М.М. К.: Політехніка, 2015. 188 с. 2) Енергоефективний кампус КПІ: інструменти та методи досліджень / О.М. Шевченко, М.М. Шовкалюк // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. – 2019. № 4 (136). – С. 97–105. 3) Efficiency of using energy in housing sector, under the general editorship of A.M. Pavlenko. Politechnika Świętokrzyska. Kielce, 2020, Pp. 155.

References

1) Bilous, I.Yu., Deshko, V.I., Sukhodub, I.O., Shevchenko, O.M., & Shovkaliuk, M.M. (2015) Energy efficiency management in higher education institutions: monograph. Kyiv: Politekhnik. 188 p.p. 2) Shevchenko, O.M., Shovkaliuk, M.M. (2019). KPI energy efficient campus: tools and research methods. Bulletin of Kyiv National University of Technology and Design. Technical Sciences Series, 4 (136), 97–105. 3) Efficiency of using energy in housing sector, under the general editorship of A.M. Pavlenko. Politechnika Świętokrzyska. Kielce, 2020, Pp. 155.

УДК 622.807+622.235.3

Щокін В.П., д-р. техн. наук, проф., індекс ORCID: 0000-0001-9709-1831,
Щокіна О.В., ст. наук. співр., індекс ORCID: 0000-0002-0275-8646.
Науково-дослідний гірничорудний інститут
Криворізького національного університету

ЗАСТОСУВАННЯ ГУМАТОВОГО РЕАГЕНТУ ДЛЯ ПИЛОПРИГНІЧЕННЯ І ДЕГАЗАЦІЇ ПРИ МАСОВИХ ВИБУХАХ

В роботі наведені результати дослідно-промислових випробувань ефективності застосування гуматового реагенту у внутрішніх та зовнішніх гідрозабійках для зниження пиловиділення та дегазації при проведенні масових вибухів у порівнянні зі зволоженням блоку перед вибухом ПАР «Лексол-5». В ході досліджень у 2020 році в умовах ПрАТ «Північний гірничозбагачувальний комбінат» було підтверджено процес зв'язування дрібнодисперсних частинок пилу, які активно беруть участь в загальному процесі формування пилогазової хмари та ефект нейтралізації газів після вибуху. При концентрації водного розчину гуматового реагенту 3% екологічна ефективність у порівнянні з водою склала: пилоподавлення збільшилось на 20,0%; нейтралізація оксиду вуглецю – 59,4%; нейтралізація оксидів азоту – 55,1%. Ефективність зв'язування ПАР «Лексол-5» дрібнодисперсних частинок пилу який утворився в результаті масового вибуху розрахована за результатами експериментів при проведенні масового вибуху у кар'єрі ПрАТ «Інгулецький гірничозбагачувальний комбінат». Так, при застосуванні ПАР "Лексол-5" при попередньому зволоженні блоку 5% водним розчином, середня ефективність пилопригнічення склала 21%, ефект дегазації відсутній.

Ключові слова: кар'єр, масовий вибух, гуматовий реагент, гідрозабійка, пилоподавлення, дегазація.

The work is devoted to the coverage of the results of research and industrial tests of environmental efficiency of water replacement in internal and external hydraulic wells in the quarries of mining enterprises for humic reagent [1]. Scientific and technical problem of determining environmental efficiency, solved by conducting in 2020 by the Research Mining Institute (NDGRI KNU) industrial research in the conditions of PJSC "Northern Mining and Processing Plant" (PJSC "PIVNGZK", Kryvyi Rih) kg / dust3 kg rocks) and gas formation (kg / kg BP) during mass explosions with the use of water in the holes in comparison with the use of humic reagent. Dust-binding and degassing properties of humate-based reagents are confirmed by the results of research and industrial tests conducted by the Research Institute of Occupational Safety and Ecology in the Mining and Metallurgical Industry (NDIBPG KNU) in 2019 by conducting experiments with pre-wetting blocks before conditions of quarries of Inguletskyi, Central and Northern GZK [1]. According to the results of experimental and industrial tests, it is substantiated that the efficiency of the use of humic reagent in the external water hammer in comparison with the use of technical water was: dust suppression increases by 20.0%; neutralization of carbon monoxide - 59.4%; neutralization of nitrogen oxides - 55.1%.

Key words: quarry, mass explosion, humic reagent, water hammer, dust suppression, degassing.

Вступ. При проведенні масових вибухів у кар'єрах в атмосферу викидається значна кількість пилу і газів, більша, ніж при інших технологічних процесах гірничого виробництва. Пилогазова хмара, що утворюється під час вибуху, забруднює атмосферу не тільки кар'єрів та їх промислових майданчиків, а й територію прилеглих до них районів. За даними Науково-дослідного інституту безпеки праці та екології в гірничорудній і металургійній промисловості (НДІБПГ КНУ) при масових вибухах у кар'єрах утворюється від 0,027 до 0,170 кг пилу на 1 м³ гірничої маси [1].

Відомі методи та заходи по скороченню пилогазових викидів в атмосферу при проведенні масових вибухів до теперішнього часу не вирішили вищезазначену екологічну проблему, що підтверджується визначенням проблеми дегазації та пилопригнічення при масових вибухах у кар'єрах однією з пріоритетних для промислових підприємств м. Кривий Ріг відповідно до рішень Науково-технічної екологічної ради при Департаменті екології та природних ресурсів Дніпропетровської обласної державної адміністрації (п.1, Протокол №2 від 09.06.2020р.) та рішень

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

Ради екологічного планування при управлінні екології виконкому Криворізької міської ради (п.4.1 Протокол від 27.10.2017р, ч.ІІ Протокол від 30.06.2018р.) щодо реалізації заходів Міської програми вирішення екологічних проблем Кривбасу та поліпшення стану навколишнього природного середовища на 2016-2025 рр.

1. Мета та завдання

Основні способи боротьби з пилом при масових вибухах в даний час базуються на використанні методу попереднього зволоження кар'єрних блоків та застосуванні водних гідрозабійок різних видів. Типи гідрозабійок розроблені НДБПГ КНУ і включають зовнішні, внутрішні та комбіновані. У «Керівному документі по використанню зволоженою набійки зарядів при вибухових роботах на кар'єрах, по дегазації підірваної гірничої маси і очищення атмосфери від шкідливих продуктів вибуху» вказані технологічні рекомендації щодо застосування забійок, організації їх використання, а в [2] наведені значення ефективності застосовуваних заходів по пилогазоподавленню при масових вибухах [1].

При виборі пилозв'язуючого реагенту для ефективного пилопригнічення при проведенні масових вибухів необхідно також враховувати його конкурентну вартість і умови виробництва обраного реагенту в Україні.

Задачею даного дослідження є визначення ефективності використання гуматового реагенту для зниження пиловиділення та дегазації при проведенні масових вибухів. Поставлена задача вирішується шляхом проведення комплексних промислових досліджень з визначення ефективності зниження пилоутворення та дегазації при заміні води у забійках на гуматовий реагент, через порівняння з екологічними показниками при штатній гідрозабійці та при попередньому зволоженні блоків ПАР «Лексол-5».

2. Робоча гіпотеза

З метою теоретичного обґрунтування ефективності застосування гуматового реагенту для пилогазопригнічення при масових вибухах, проведено дослідження промислових адсорбентів, основними з яких є досить дороге активоване вугілля та його модифікації.

Використання вуглелужного реагента (ВЛР) та реагенту торфгідроксидного (РТГ) в складі робочої гуматової суміші при масових вибухах у кар'єрах показало його здатність сорбувати гази і пил. ВЛР є продуктом переробки бурого вугілля, основними активними складовими ВЛР є натрієві та калієві солі гумінових кислот та желатинові речовини, які є тонкодисперсними вуглегуміновими комплексами. Загальним для гумінових кислот різного походження є наявність ароматичного ядра і периферійні відкриті ланцюги, які складаються з карбоксильних, карбонільних груп, гідроксилів спиртового і фенольного характеру, залишок азотовмісних амінокислот. Така будова гумінових кислот пояснює їх адсорбційні властивості. Вставлено, що процес адсорбції оксиду карбону (II) ВЛР – це процес екзотермічний і має значну величину ΔH . Вона дорівнює - 179 кДж/моль, що дозволяє зробити висновок про наявність хемосорбції (не тільки фізичної, але і хімічної сорбції). Здатність сорбуватись можна пояснити будовою молекули CO, яка є вкрай стійкою, але яка має атом елемента, що може приймати участь в утворенні ковалентного зв'язку за донорно-акцепторним механізмом. Донором електронів виступає атом кисню. За схожим механізмом можлива сорбція оксидів нітрогену і аміаку. У випадку аміаку донором є нітроген [3]

3. Результати досліджень

Промислові випробування під час ведення масових вибухів у кар'єрах ПРАТ «ПІВНГЗК» проведені НДГРІ та НДБПГ КНУ у вересні 2020 р. з метою визначення ефективності способу пилогазоподавлення методом зовнішньої та внутрішньої гідрозабійки, зволоженні забійки з використанням гуматового реагенту.

Гуматовим реагентом, безпосередньо на блоці кар'єра, наповнювались поліетиленові рукави, які призначені для зовнішньої та внутрішньої гідрозабійки. Розміщення пилогазовідбірників на блоці, що підривається здійснювалось після заряджання вибухових свердловин та після підготовки зовнішньої гідрозабійки. На кожному з ділянок блоку встановлюються пилогазовідбірники, які розташовуються на відстані 30-50 м від останнього ряду свердловин в напрямку переважаючого руху атмосферного повітря за 1,5-2 години перед проведенням масового вибуху. Для забезпечення

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

селективного відбору проб від кожної ділянки блоку (забезпечення відбору проб до початку інтенсивного перемішування пилогазових хмар від зазначених ділянок блоку) пилогазовідбірники розміщувались на кожній ділянці блоку на максимально можливій відстані. Розміщення пилогазовідбірників наведено на рис. 1.

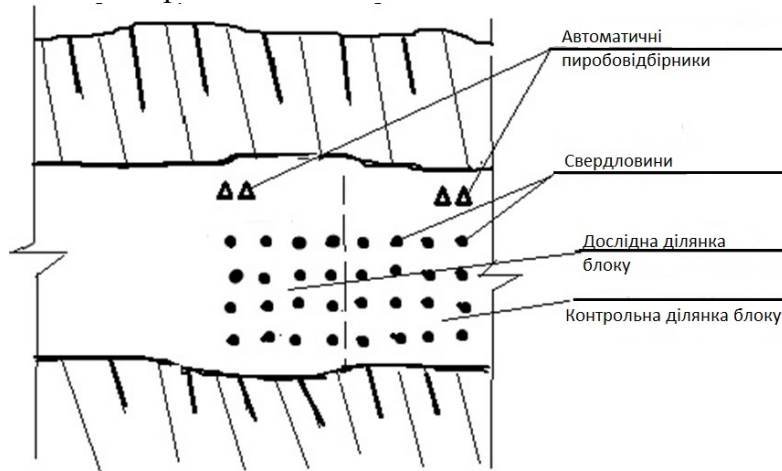


Рисунок 1 – Схема розміщення пробовідбірників на блоці, що підривається.

Аналіз пилогазових проб здійснювався експрес- та лабораторним методом в аналітично-випробувальній лабораторії НДБПГ КНУ, яка відповідає вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 «Системи керування вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання» (свідоцтво №08-0017/2018 від 17.05.2018 р.).

Ефективність застосування гуматового реагенту при використанні зовнішньої гідрозабійки визначається за формулою:

$$E_{PTG} = \frac{C_0 - C_{\phi}}{C_0} \cdot 100, \% \quad (1)$$

де E_{PTG} - ефективність пилогазоподавлення при застосуванні гуматового реагенту, %; C_0 - середня концентрація шкідливої речовини в атмосферному повітрі без застосування гуматового реагенту, мг/м³; C_{ϕ} - середня концентрація шкідливої речовини в атмосферному повітрі при застосуванні гуматового реагенту, мг/м³.

Досліджуваний блок №52 (рис.2) знаходиться на горизонті -20/-30 м, який представлений кварцитами магнетит-силікатними з коефіцієнтом міцності по шкалі М.М. Протод'яконова – 12. Даний блок був розділений на дві частини. На першій ділянці, що становить 54 свердловини, була виконана зовнішня гідрозабійка з гуматовим реагентом (суміш з 3% розчину реагенту торфогідроксидного та ВЛР 3%) в об'ємі 24 м³. На другій частині блоку, яка складала 42 свердловин, заходи з пилогазопригнічення не виконувались. Пилогазовідбірні прилади розміщувались на відстані 30-50 м від підриваємого блоку.

Застосування зовнішньої гідрозабійки з використанням гуматового реагенту знизило пиловиділення на 50,5%, концентрацію шкідливих газів на 66,0%, а саме оксид вуглецю на 64,0%, оксиди азоту на 68,0%.

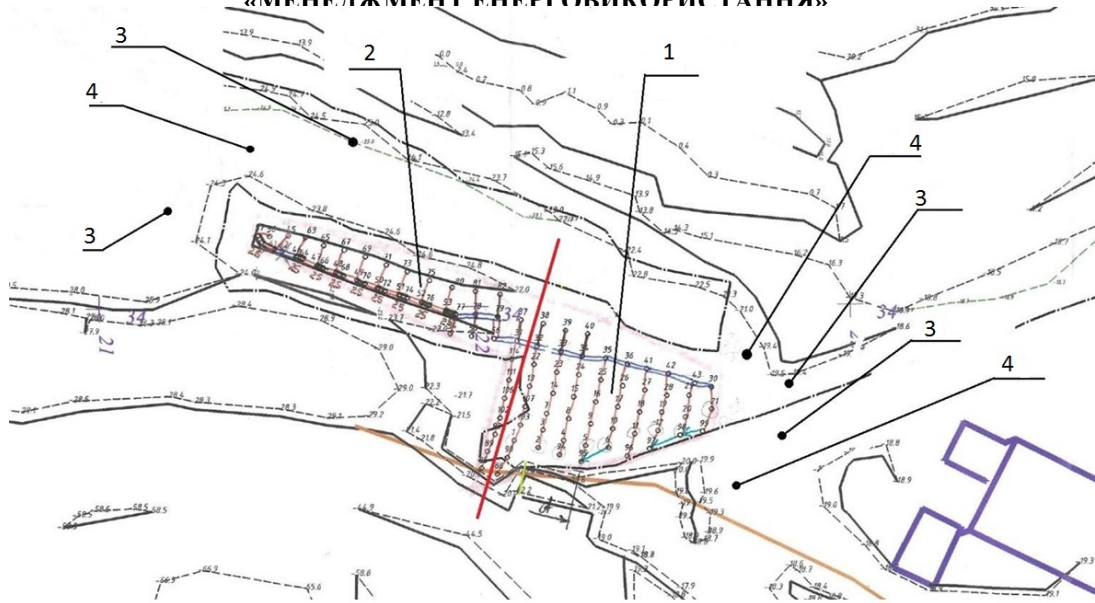


Рисунок 2 – Схема експерименту на блоці №52.

У кар'єрі ПрАТ «ІнГЗК» у вересні 2017 р. НДІБПГ КНУ були проведені експериментальні вибухи із застосуванням антипилового реагенту ПАР "Лексол-5". Вибухи проводились на горизонті -360м. Характерна схема одного з досліджуваних кар'єрних блоків, зволжених ділянок на блоках і місця установки вимірювальної апаратури, наведені на рисунку 3.

На поверхню експериментальної ділянки блока наносився водний розчин ПАР «Лексол-5» з витратою 2,0 – 2,5 літри на 1м² досліджуваної поверхні шляхом його розпилення за допомогою поливальної машини з гідромонітором. На другій ділянці засоби пилоподавлення не використовувались.

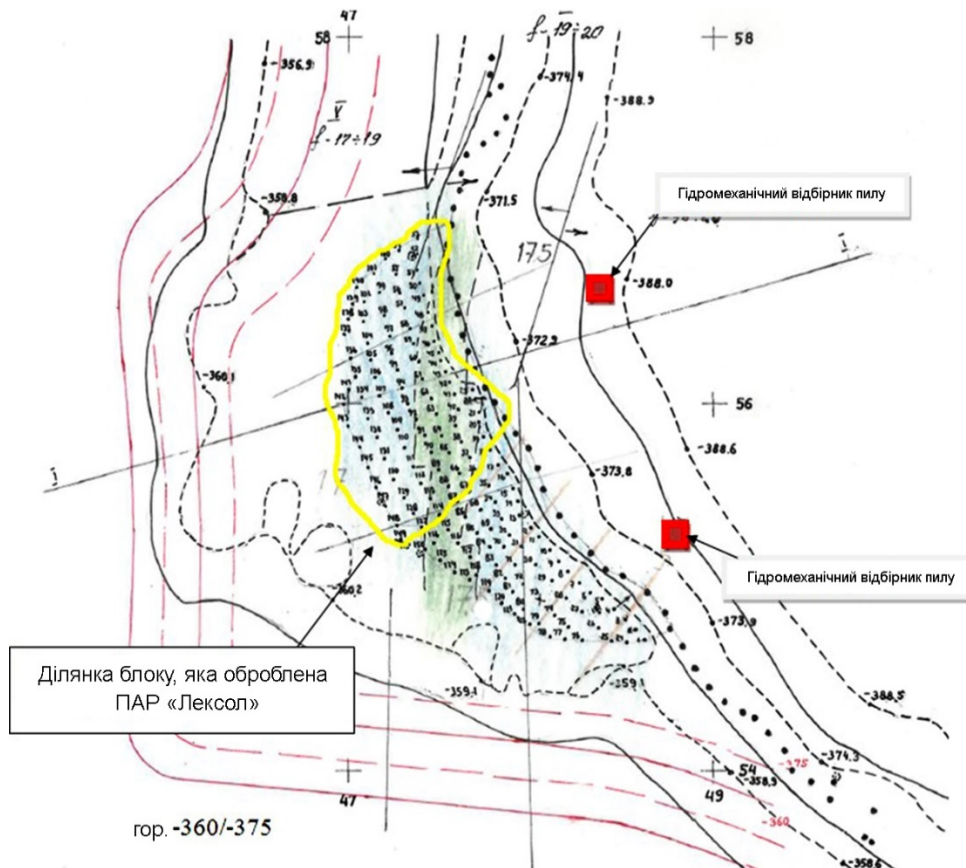


Рисунок 3 – Схема досліджуваного блоку з його зволоженою ділянкою поверхнево-активною речовиною «Лексол» і місця установки вимірювальної апаратури.

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

В ході досліджень було підтверджено процес зв'язування поверхнево-активною речовиною «Лексол» дрібнодисперсних частинок пилу, що залишилися на поверхні підриваемого блоку після бурових робіт на його поверхні, і які активно беруть участь в загальному процесі формування пилогазової хмари. При концентрації водного розчину антипилового реагенту "Лексол-5" 5% середня ефективність пилоподавлення склала 21%.

Промислові дослідження також показали можливість попереднього зволоження карєрного блоку до двох днів до моменту вибуху. Випаровування застосовуваного реагенту на зволоженому блоці в теплий період року не відбувається внаслідок утворення захисної плівки реагентом "Лексол-5".

Висновки.

1. Застосування зовнішньої гідрозабійки з використанням гуматового реагенту (суміш водного 3% розчину реагенту торфогідроксидного та водного 3% розчину вуглелужного реагенту) забезпечило зниження пиловиділення на 50,5%, концентрацію шкідливих газів на 66,0%, а саме оксид вуглецю на 64,0%, оксиди азоту на 68,0%.

2. При застосуванні ПАР "Лексол-5" при попередньому зволоженні блоку 5% водним розчином, середня ефективність пилопригнічення склала 21%, ефект дегазації відсутній.

3. Ефективність використання гуматового реагенту у зовнішній гідрозабійці в порівнянні з використанням технічної води склала: пилоподавлення – 20,0%; нейтралізація оксиду вуглецю – 59,4%; нейтралізація оксидів азоту – 55,1%.

4. Для забезпечення максимального екологічного ефекту при проведенні масових вибухів необхідно при формуванні зовнішньої гідрозабійки свердловинних зарядів вибухової речовини (ВР) використовувати поліетиленові ємності діаметром близько 0,3-1 м і більше з наповненням гуматовим реагентом. Зовнішня забійка в поліетиленових рукавах розташовується по рядах свердловин. Довжина рукавів визначається геометричними параметрами поверхні зарядженого блоку і контуром свердловин. Технологічний процес виконання зовнішньої гідрозабійки з використанням гуматового реагенту не відрізняється від штатного виконання гідрозабійки із застосуванням води.

5. З метою зменшення пиловиділення при масових вибухах більше 50,5%, зниження дії ударних повітряних хвиль та підвищення якості дроблення гірських порід по всієї висоті уступу, доцільним є формування ущільненої до 2450 кг/м³ забійки неактивної частини свердловинних зарядів ВР 30% гуматовим реагентом (гуматовим концентратом) та дробленою породою фракції 5-20мм.

Список використаних джерел:

1. Shchokin V.P., Ezhov V.V., Nalyvaiko V.G. Application of Leksol (R) surfactant aqueous solution to bind the dust on quarries' roads and reduce the dust emission during large-scale blasts. Ukrainian journal of ecology. 2018. Vol: 8, №1. P. 755-761.
2. Типові заходи по зменшенню викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при використанні масових вибухів на кар'єрі ПАТ «ІнГОК». – Кривий Ріг, -2015р. -3с.
3. Тишук В.Ю., Єрмак Л.Д., Часова Е.В. Кінетика процесу газопоглинаючої дії вуглелужного реагенту / Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу. Збірник наукових праць ,Кривий Ріг. 2000, вип. 2, с.99-112.

References

1. Shchokin V.P., Ezhov V.V., Nalyvaiko V.G. Application of Leksol (R) surfactant aqueous solution to bind the dust on quarries' roads and reduce the dust emission during large-scale blasts. Ukrainian journal of ecology. 2018. Vol: 8, №1. P. 755-761.
2. Typical measures to reduce the emission of pollutants into the atmosphere when using massive explosions in the career of PJSC "INMPP". - Kryvyi Rih, -2015.-3 p.
3. Tyschuk V.Y., Yermak L.D., Chasova E.V. Kinetics of the process of gas-absorbing action of carbon alkali reagent. / Labor and environmental protection at the enterprises of the mining and metallurgical complex. Collection of scientific works, Kryvyi Rih, 2000, vol. 2, pp.99-112.

