МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Конференція

Аспірантські читання імені професора Артура Веніаміновича Праховника

Збірник тез конференції

09 – 10 квітня 2024 р.

КИЇВ
2024

ОРГАНІЗАТОРИ:

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Оргкомітет конференції:

Коцар Олег Вікторович, канд. техн. наук, доцент кафедри електропостачання, голова оргкомітету;

Вапнічна Вікторія Вікторівна, канд. техн. наук, доцентка кафедри геоінженерії;

Дерев'янко Денис Григорович,канд. техн. наук, доцент, в.о. завідувача кафедри електропостачання;

Докшина Софія Юріївна, PhD, асистентка кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів.

Напрямки роботи конференції:

Секція 1. Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка

Секція 2. Геоінженерія

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА……..…6

Shao Minghui, M.Sc., Zhang Wenjun, M.Sc.,
scientific supervisor: Dr.Sc., Prof. Stefan Zaichenko
CREATION OF A COMPUTER MODEL FOR TECHNICAL DIAGNOSTICS OF A GENERATOR WITH A SPARK IGNITION ENGINE…..…….....6

Лунін М.М., аспірант,
науковий керівник: докт.техн.наук, доцент В.Ф.Находов,
канд.техн.наук, доцент О.В.Бориченко
СТВОРЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНО – ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ……....8

Фролов І.В., аспірант,
науковий керівник: докт.техн.наук, професор В.А.Попов
МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ В 6 – 20 КВ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ З УРАХУВАННЯМ НАЯВНОСТІ ДЖЕНЕР РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТА АГРЕГАТОРІВ НА ПІДСТАВІ МАТРИЦЬ ІНЦИДЕНЦІЙ……11

Хомяк А.О., аспірант,
науковий керівник: докт.техн.наук, професор В.П. Розен
АНАЛІЗ РЕЖИМУ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З УРАХУВАННЯМ СЕЗОННОСТІ……13

Andrii Trachuk, postgraduate,
scientific supervisor: Dr.Sc., Prof. Stefan Zaichenko
METHODOLOGY FOR ACHIEVING UKRAINE'S ENERGY INDEPENDENCE BY INCREASING THE SHARE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE STRUCTURE AND SYSTEM OF THE ENERGY BALANCE OF UKRAINE…….15

Боднарук О.Ю., аспірант,
науковий керівник: канд.техн.наук, доцент А.В.Босак
НАСОСНІ УСТАНОВКИ ЗІ СТАБІЛІЗАЦІЄЮ ТИСКУ. ОГЛЯД МЕТОДІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТИСКУ……..…17

Ніцак Я.М., аспірант,
науковий керівник канд.техн.наук, доцент А.В.Босак
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РЕГУЛЬОВАНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ У КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВКАХ ДЛЯ АМІАЧНОГО ХОЛОДУ……...20

Степаненко В.А., аспірант,
науковий керівник: канд.техн.наук, доцент А.І.Замулко
ФОРМУВАННЯ ТАРИФНОГО МЕНЮ ЯК МЕХАНІЗМУ КОНТРОЛЬО ВАНОГО РОЗВИТКУ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВДЕ…….22

Карпенк**о** А.В., аспірант,
науковий керівник: канд.техн.наук, доцент О.В.Коцар
ЗАКОНОДАВЧІ ТА РЕГУЛЯТОРНІ ЗАСАДИ ВПРОВАДЖЕННЯ СЕнМ НА МУНІЦИПАЛЬНИХ ОБ'ЄКТАХ……..…24

Прасол А.А., магістрант, Чернецька Ю.В., канд.техн.наук, ст. викл.,
науковий керівник: канд.техн.наук, доцент А.І.Замулко
ТАРИФНЕ УПРАВЛІННЯ ОБМЕЖЕННЯМИ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЄЮ В УМОВАХ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ…..…27

Пустовий А.М., аспірант,
науковий керівник: докт.техн.наук, доцент В.Ф.Находов
ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ НА ЖИТЛОВІЙ БУДІВЛІ……...……29

П.Ю.Сердечний, аспірант,
науковий керівник: канд.техн.наук, доцент І.О.Суходуб
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕРМІЧНО НЕОДНОРІДНИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ……31

СЕКЦІЯ 2. ГЕОІНЖЕНЕРІЯ…….……33

Харченко Р.Ф., аспірант,
науковий керівник: докт.техн.наук, професор О.О.Вовк
ЧИСЛЕННЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИБУХУ В МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ З ВИКОРИСТАННЯМ ANSYS EXPLICIT STR ТА ANSYS AUTODYN…….……33

Татарин А.О. студент,
науковий керівник: канд. техн. наук, доцент В.В. Вапнічна
3D ТЕХНОЛОГІЇ У БУДІВНИЦТВІ…….35

Oleksandr Horiev postgraduate,
scientific supervisor: Dr.Sc., Prof. Kostiantyn Tkachuk
IMPROVEMENT OF DOWNHOLE CHARGE DESIGN FOR EXPLOSIVE ROCK DESTRUCTION……..37

UDC 621.313

Shao Minghui, M.Sc., Zhang Wenjun, M.Sc.,
Scientific supervisor: Dr.Sc., Prof. S.V.Zaichenko
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute National
Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

CREATION OF A COMPUTER MODEL FOR TECHNICAL DIAGNOSTICS OF A GENERATOR WITH A SPARK IGNITION ENGINE

Introduction. The basis of the diagnostic process is the collection of experimental data and the analysis of diagnostic features that determine the state of the system. There are a number of methods for diagnosing internal combustion engines, including compression measurement, which allows you to detect problems with the tightness of the cylinder-piston group. However, this method has its drawbacks, such as the complexity of the procedure and the unreliability of the data.

The DVZ diagnostic system, which uses the starter current level as a diagnostic parameter, avoided the mentioned shortcomings. This system analyzes the changes in the torque of the crankshaft of the engine without fuel supply in the compressor mode, measuring the level of current and voltage of the starter. Some devices, such as motor testers KAD-300-03, M3-2, MT3500, use this method for diagnostics. Using this method facilitates the process and ensures the reliability of the results, reducing time and effort. However, in order to apply this method, it is necessary to have preliminary data on diagnostic parameters, which can complicate the process, especially when used on new objects. In order to successfully predict the parameters of the technical diagnostics system of the generator, in particular, using the compressor method, it is necessary to create a process model that allows the proper selection of system components.

The purpose and tasks of research. Taking into account the above-mentioned limitations and shortcomings of the existing methods of diagnosing power equipment based on internal combustion engines, it is possible to conclude on the need for further improvement of the theory, methods and means of diagnosis. The purpose of this research can be the development of a mathematical model of the system of technical diagnostics of a generator based on an internal combustion engine using the starter current level as a diagnostic indicator. This approach will improve the accuracy and reliability of diagnostics, reduce the complexity of procedures and ensure more efficient functioning of energy equipment.

Material and research results. The developed diagram of the generator diagnostic process includes the following main components: generator (1), internal combustion engine (2), gearbox (3), starter (4), sources of direct current (battery) (5), position sensor (6), source sensor power supply (7), analog-to-digital converter (8) and computer (9). In the process of obtaining diagnostic data, the computer (9) registers the position of the engine crankshaft (2) and the stator current (4). This diagnostic system allows you to establish the relationship between the stator current and the state of the thermal unit of the power plant. During the development of this diagnostic system, a key aspect is the proper equipment parameters that guarantee the necessary accuracy and reliability of the process. Ensuring the efficiency of the diagnostic process is possible thanks to energy parameters that allow the selection of sensors according to a certain level of DC current, the power of the DC source and the polling frequency of the ADC channels. The creation of a mathematical model of the system of technical diagnostics of a generator based

on an internal combustion engine, using interactive tools and the construction of multi-level hierarchical multi-component models, will allow predicting the physical parameters of processes with high accuracy.

The scheme of the mathematical model of the system of technical diagnostics of the generator operating on the basis of the internal combustion engine has been developed. This diagnostic system is based on electromechanical components, which include elements of the crank mechanism, such as a piston (1), a rod (2) and a crankshaft (3), as well as a generator rotor (4), a flywheel (5), starter armature (6) and armature windings (7).

The equations that describe the operation of the starter are Cauchy normal form differential equations for a DC motor with independent excitation from permanent magnets:

$$\begin{cases} U_a - R_a I_a - k_\omega \dfrac{d\varphi}{dt} = L_a \dfrac{dI_a}{dt}; \\ k_m I_a - b\dfrac{d\varphi}{dt} - M_0 / i_g = J_0 \dfrac{d^2\varphi}{dt^2}; \end{cases}$$

(1)

where U_a – DC power supply voltage; R_a and L_a – active resistance and inductance of the armature winding; k_ω – constant electromotive force of the engine; k_m – engine torque constant; b – viscous friction resistance; M_0 – moment of resistance to rotation of the shaft.

Conclusions. The following conclusions can be drawn on the basis of the given scheme of the generator diagnostics process:

The diagnostic system includes a variety of components, including the alternator, internal combustion engine, transmission, starter, DC sources, engine crankshaft position sensor, sensor power supply, analog-to-digital converter, and computer.

The process of obtaining diagnostic data involves fixing the position of the engine crankshaft and the stator current by the computer. This allows you to detect the connection between the stator current and the state of the thermal unit of the power plant.

Equipment parameters must be properly provided to ensure accuracy and reliability of the diagnostic process. This includes power parameters for sensor selection, DC power supply, and ADC channel polling frequency.

The creation of a mathematical model of the diagnostic system using interactive tools and multi-level multi-component models will allow predicting the physical parameters of the diagnostic processes of a generator based on an internal combustion engine.

References

1. Zaichenko, S. Shevchuk, R. Kulish, S. Denysiuk, D. Derevianko and Opryshko, "Identification of the least reliable elements of autonomous power plant based on internal combustion and diesel engines by the method of the lowest residual entropy," In 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), vol. 1, pp. 549-552, September 2021.
2. S. Zaichenko, S. Shevchuk, R. Kulish, S. Denysiuk, D. Derevianko and V. Opryshko, "Identification of the least reliable elements of autonomous power plant based on internal combustion and diesel engines by the method of the lowest residual entropy , "In 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), vol. 1, pp. 549-552, September 2021.
3. S. Zaichenko, S. Shevchuk, V. Opryshko, S. Pryadko, A. Halem and A. Adjebi, "Determination of autonomous electrical energy source technical condition based on an internal combustion engine," In 2020 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), vol. 1, pp. 305-308, October 2020.
4. Zaichenko, S. Shevchuk, V. Opryshko, S. Pryadko and A. Halem, "Autonomous electric power source energy efficiency improvement by internal combustion engine gases distribution control," In 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), pp . 262-265, May 2020.

5. Zaichenko, S., & Derevianko, D. (2023). Comparison of the Energy Efficiency of Synchronous Power Generator with Spark Ignition Engine Using Different Types of Fuels. In Systems, Decision and Control in Energy V (pp. 155-177). Cham: Springer Nature Switzerland.

УДК 621.311.003.13.

Лунін М.М., аспірант,
науковий керівник: д.т.н, доцент **В.Ф.Находов**
к.т.н., доцент **О.В.Бориченко**
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

СТВОРЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНО – ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

Вступ. У сучасному світі моніторинг використання паливно–енергетичних ресурсів є невід'ємною складовою загальної системи менеджменту місцевого самоврядування. Контроль ефективності використання таких ресурсів багато в чому визначає стійкість та темпи розвитку країни. В умовах повномасштабного вторгнення Росії на територію України перед територіальними громадами ще сильніше постала проблема вирішення важливих питань, пов'язаних зі споживанням паливно-енергетичних ресурсів, обліком та контролем витрат енергоносіїв, запровадженням заходів із підвищення рівня енергетичної ефективності та використанням потенціалу енергозбереження в умовах обмеженості ресурсів [1]. Ця проблема не є новою, проте заходи з підвищення ефективності використання ПЕР на рівні окремих міст та регіонів все ще не набули в Україні масового характеру. У першу чергу це пов'язано з тим, що вартість енергетичних ресурсів ще декілька років тому була набагато нижчою від ринкової, що не створювало достатньої мотивації для ощадливого споживання енергії або інвестицій в енергозберігаюче обладнання, технології або проекти енергозбереження. [2] Також, мала місце недостатня обізнаність громад у сфері енергоефективності, енергозбереження та енергоменеджменту. Тим часом, впровадження системи енергоменеджменту у громаді несе в собі наступні переваги:

- Підвищення ефективності використання ПЕР. Зниження енергетичної складової комунальних послуг. Запровадивши систему енергоменеджменту та енергомоніторингу, можна без великих фінансових витрат досягти економії енергії від 3 до 5% за 1-2 роки. Такий поступ для українських громад у сучасних умовах є досить суттєвим та вкрай необхідним. [3]

- Підвищення енергетичної безпеки та незалежності муніципальної енергетики.

Матеріал і результати досліджень. Для початку роботи з розбудови, впровадження та функціонування системи енергетичного менеджменту, перш за все необхідне відповідне управлінське рішення про створення такої системи. Для забезпечення коректного функціонування системи, необхідно створити спеціалізований орган – відділ енергоменеджменту. Працівники відділу виконують поставлені задачі. Начальник відділу перевіряє виконання поставлених цілей, та здійснює корегування задач згідно поточного виконання. Таким чином, роботу системи енергоменеджменту можна описати циклом Демінга (PDCA – Plan – Do – Check – Act) – управління енергоспоживанням відповідно до стандарту ISO 50001 (рис.1):

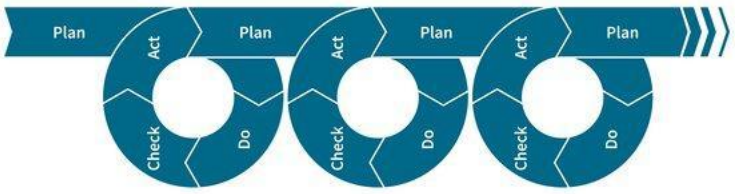


Рисунок 1. Модель циклу PDCA

При створенні системи енергоменеджменту на рівні установи або громади, вищенаведені пункти часто коригуються. [4, 5] В муніципалітетах та громадах виникає ситуація, коли система енергомоніторингу давно впроваджена та функціонує, а система енергоменеджменту ще відсутня. Проте, на основі інформації системи, керівництво проводить аналіз використання ПЕР та приймає відповідні управлінські рішення. Для коректного порівняння споживання ПЕР громадою необхідно охопити системою енергомоніторингу якомога більше установ та організацій міста. У співпраці з однією з найбільших систем енергомоніторингу України «Умуні» було проаналізовано декілька громад, що працюють з системою понад 3 роки. На рисунках нижче показано кількість користувачів громад А,Б та В.

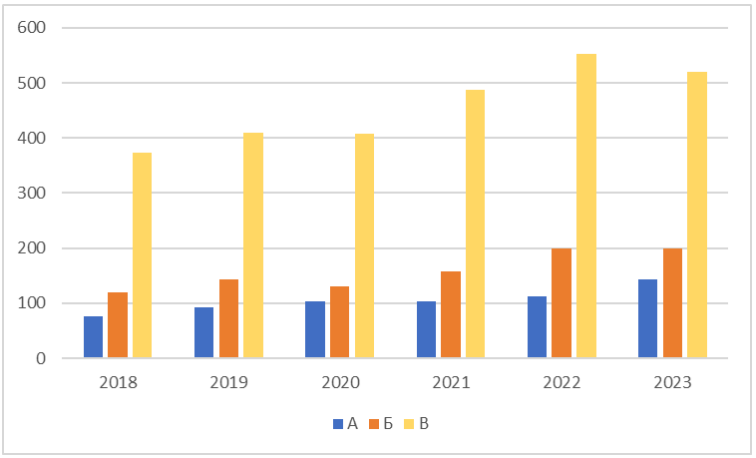


Рисунок 2. Кількість зареєстрованих об’єктів громад у системі енергомоніторингу

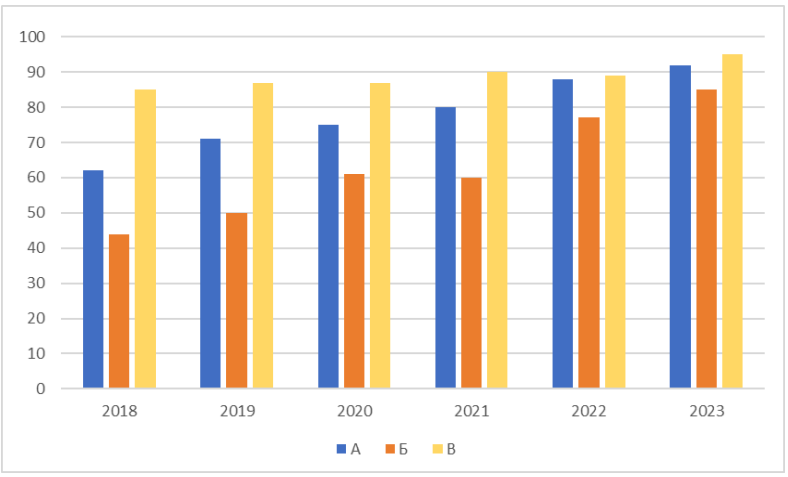


Рисунок 3. Активність користувачів громад (у відсотках)

Високий відсоток залучення користувачів був досягнутий не одразу, а в ході навчань, тренінгів, консультацій та роз'яснень щодо роботи програми та необхідності її впровадження.

Висновки. Моніторинг споживання ПЕР – перша "сходинка" системи енергоменеджменту, без якої подальше функціонування системи неможливе. Впровадження системи енергомоніторингу на рівні муніципалітету дасть безперечні переваги його керівництву. Однак, для ширшого охоплення будівель і установ, а також поширення процесу енергомоніторингу, енергозбереження та енергоменеджменту на рівень областей, а згодом і країни необхідно створити національну систему моніторингу енергоефективності використання ПЕР. Майбутня система має відповідати як європейській практиці впровадження моніторингу енергоефективності, так і новітнім цифровим технологіям. У результаті система має стати джерелом достовірної інформації про рівень енергоефективності, на основі якої органи влади і суб'єкти господарювання прийматимуть практичні рішення щодо оптимізації енергоспоживання.

Список використаних джерел

1. Алгоритм дій органів місцевого самоврядування по впровадженню системи енергетичного менеджменту [Електронний ресурс] // Проєкт USAID «Підвищення ефективності роботи і підзвітності органів місцевого самоврядування» («ГОВЕРЛА») hoverla.org.ua. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://decentralization.gov.ua/
2. Енергоефективність в муніципальному секторі. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування /А.Максимов, І.Вахович, Т.Гутніченко, П.Бабічева, Н.Вакуленко, Н.Ігольнікова, Т.Цифра, О.Молодід, О.Молодід, О.Бєлєнкова, Ю.Ячменьова, Ю.Дорошук, А.Скрипник, А.Ваколюк, В.Бойко, М.Сегедій, Д.Вахович/ Асоціація міст України – К., ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ»,2015. –184 с.
3. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту / Є.М.Іншеков, Є.Є.Нікітін, М.В.Тарновский, А.В.Чернявський. – К.: Поліграф плюс, 2014. –238 с. ISBN 978-966-8977-46-6.
4. ДП «Укрвакцина» МОЗ України». Енергоменеджмент [Електронний ресурс] / ДП «Укрвакцина» МОЗ України» // НАКАЗ ДП "Укрвакцина" МОЗ України" №31-од від 28 жовтня 2022 року "Про затвердження Декларації енергетичної політики". – 2022. – Режим доступу до ресурсу: www.ukrvac.com.ua/нормативні-документи/інформація-що-підлягає-оприлюдненню/енергоменеджмент/.
5. М-во економіки України. ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ. Урядовий портал. URL: https://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&id=6f956bec-9b48-4f18-a64f-d8ac0831a358&tag=Energomenedzhment.

References

1. Algorithm of actions of local governments to implement the energy management system [Electronic resource] // USAID Project "Improving the Performance and Accountability of Local Governments" (GOVERLA) hoverla.org.ua. - 2022. - Accessed at: : https://decentralization.gov.ua/.
2. Energy Efficiency in the Municipal Sector. Training manual for local government officials / A.Maksymov, I.Vakhovych, T.Gutnichenko, P.Babicheva, N.Vakulenko, N.Iholnikova, T.Tsyfra, O.Molodid, O.Molodid, O.Belenkova, Y.Yachmenyova, Y.Doroshuk, A.Skrypnyk, A.Vakolyuk, V.Boyko, M.Sehediy, D.Vakhovych / Association of Ukrainian Cities - K, LLC "Enterprise "V&A", 2015. -184 p.
3. Manual on municipal energy management / E.M.Inshekov, E.E.Nikitin, M.V.Tarnovsky, A.V.Chernyavsky - K.: Polygraph Plus, 2014. 238 p. ISBN 978-966-8977-46-6.
4. State Enterprise "Ukrvaktsyna" of the Ministry of Health of Ukraine. Energy management [Electronic resource] / SE "Ukrvaktsyna" of the Ministry of Health of Ukraine // ORDER of SE "Ukrvaktsyna" of the Ministry of Health of Ukraine №31-od of October 28, 2022 "On approval of the Declaration of Energy Policy." - 2022:
www.ukrvac.com.ua/нормативні-документи/інформація-що-підлягає-оприлюдненню/енергоменеджмент/.
5. Ministry of Economy of Ukraine. ENERGY MANAGEMENT. Government portal. URL: https://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&id=6f956bec-9b48-4f18-a64f-d8ac0831a358&tag=Energomenedzhment.

УДК 621.3

Фролов І.В., аспірант,
науковий керівник: д.т.н., професор **В.А.Попов**
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ В 6 – 20 КВ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ З УРАХУВАННЯМ НАЯВНОСТІ ДЖЕНЕР РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТА АГРЕГАТОРІВ НА ПІДСТАВІ МАТРИЦЬ ІНЦИДЕНЦІЙ

Вступ. Враховуючи тенденцію переходу від виключно централізованої системи електропостачання до змішаної з використанням локальних джерел розосередженої генерації (ДРГ), як відновлювальних так і традиційних, зростає актуальність питання, щодо підтримки якості електропостачання на відповідному рівні [1]. Одним з таких показників є надійність електропостачання, яка має бути визначена з урахуванням: усіх можливих джерел живлення; типу, кількості та розташування комутаційного обладнання (КО); параметрів та топології ліній електропередачі; тощо. В умовах війни це питання набуває ще більшої актуальності, оскільки у разі пошкодження частини енергосистеми необхідно оптимальним чином локалізувати пошкодження для можливості подовження роботи інших її частин або за рахунок централізованої генерації, що залишилася не ушкодженою, або у змішаному режимі, або забезпечити тимчасову роботу частині розподільних мереж (РМ) у автономному (острівному) режимі [2].

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є розробка нового підходу до моделювання показників надійності в РМ 6 – 20 кВ з урахуванням наявності ДРГ на підставі матриць інцинденцій. Зазначений підхід має забезпечити вирішення питань, як відносно можливості частині РМ продовжити свою роботу від централізованих джерел живлення, локалізувавши пошкодження, так і забезпечити тимчасову роботу певної її частини у автономному/острівному режимі до моменту ліквідації пошкодження, що має бути заздалегідь обгрунтовано з точки зору забезпечення балансу генерція/споживання, якості електричної енергії, відповідності вимогам, як чиного національного законадавства, так і європейських стандартів.

Матеріал і результати досліджень.

1.Формування матриці зав'язків. Одним з важливих показників надійності є очікуване значення недовідпущеної енергії, яке залежить від низки різноманітних параметрів, у тому числі, часу відновлення електропостачання. Формалізація процедури визначення саме цього показника створює найбільші складнощі. У зв'язку з цим у роботі був запропонований підхід до моделювання показників надійності РМ на основі використання матриці інциденцій (**M**), яка враховує шлях живлення усіх вузлів [3]. Матриця **M**, що формується для РМ, в загальному випадку є прямокутною, де число рядків відповідає числу вузлів (i = 1, …, I), а число стовпців відповідає кількості ділянок між суміжними вузлами (j = 1, …, J). Відповідно, елементи матриці можуть приймати значення 0, 1, або (-1). Подальша процедура визначення усіх складових часу відновлення електропостачання може бути представлена наступним чином.

Після формування зазначеної матриці **M** потрібно розрахувати її обернене значення M^{-1}. При цьому матриця M^{-1} (**M**1 =|M^{-1}|) відображує шлях від джерела живлення до відповідного вузла навантаження.

2. Формування матриць часу ремонту, локалізації та перемикання. На наступному етапі, для коректного визначення складових часу відновлення електропостачання і розрахунку матриць часу ремонту ($\tau_{рем}$), локалізації ($\tau_{лок}$), переключення ($\tau_{пер}$) слід визначити зону дії КО, які, по суті, відповідають зонам їх захисту. Надалі формуємо матриці: M_{mod} – рядки якої (I_{1mod}, …, I_{7mod}) визначаються шляхом виконання логічної операції «або» в межах кожної зони за формулою: $I_{imod} = \vee_{i \epsilon Zn} I_i$, де Zn – відповідна зона дії КО; матриці $M_{тр}$ та $M_{mod тр}$, які будуються по аналогії до попередніх матриць, але з використанням логічної операції «не» відносно до матриць **М1** та M_{mod}, тобто $I_{iтр} \neq I_i$ та $I_{imodтр} \neq I_{imod}$; вводимо вектор **К**, який відображає наявність КО на кожній ділянці РМ зі сторони відповідного вузла (при відсутності КО відповідний елемент **К** приймає значення «1»).

Використовуючи зазначені матриці розраховуємо усі складові часу локалізації та ремонту за наступними формулами: $M\tau_{локі} = M_{трі} \wedge M_{modтрі}$; $M\tau_{ремі} = К_i \vee M_{mod}$.

3. Розрахунок очікуваної величини недовідпуску. Очікуване значення недовідпуску електричної енергії в загальному випадку буде визначатися за наступною формулою: $A_{нед} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} w_0 \times L_i \times P_j \times \tau_{ij}$, де $\tau_{i,j}$ - час відновлення електропостачання вузла j у випадку пошкодження i-ї ділянки РМ. Розраховане значення має бути мінімально можливим, оскільки за такої умови РМ матиме максимальний рівень настійності.

Висновки. Питання моделювання показників надійності в розподільних мережах потребує нових підходів зважаючи на актуальні виклики та тенденції розвитку сучасних систем розподілу електричної енегії. Запропонована методика моделювання враховує можливість живлення РМ, як від централізованих джерел, так і від ДРГ. Моделювання також передбачає можливість аналізу надійності, за умови тимчасового виходу частини РМ у автономний/острівний режим, функціонування якого, відповідно до нормативних документів, має обовязково бути попередьо змоделованим (визначені всі його учасники та проведена планова оцінка їх роботи у такому режимі). Зазначена методика моделювання допомогає оцінити надійність РМ, враховуючи умови розташування усіх джерел генерації відносно вузлів навантаження, та розміщення КО у мережі для дотримання вимог щодо якості та надійності електропостачання. У подальшому має бути проведений аналіз, щодо оцінки економічної доцільності, як встановлення додаткових КО (рівень економічної вигоди відносно рівня витрат на додатковий КО), так і тимчасового функціонування РМ у режимі острова (рівень економічної вигоди відносно рівня витрати на функціонування ДРГ та забезпечення роботи агрегаторів).

Список використаних джерел

1. The future of power systems: Challenges, trends, and upcoming paradigms / J. A. P. Lopes et al. WIREs Energy and Environment. 2020. Vol. 9, no. 3. URL: https://doi.org/10.1002/wene.368 (дата звернення: 03.04.2024).

2. Розподільча когенерація допоможе підвищити стійкість та надійність енергозабезпечення критичної інфраструктури міст України. USAID Energy Security Project. URL: https://energysecurityua.org/ua/novyny/rozpodilcha-koheneratsiia-dopomozhe-pidvyshchyty-stiykist-ta-nadiynist-enerhozabezpechennia-krytychnoi-infrastruktury-mist-ukrainy/ (дата звернення: 03.04.2024).

3. Fault Incidence Matrix Based Reliability Evaluation Method for Complex Distribution System / C. Wang et al. IEEE Transactions on Power Systems. 2018. Vol. 33, no. 6. P. 6736–6745. URL: https://doi.org/10.1109/tpwrs.2018.2830645 (дата звернення: 03.04.2024).

УДК 681.5.075

Хомяк А.О., аспірант,
науковий керівник: д.т.н., професор **В.П.Розен**
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНАЛІЗ РЕЖИМУ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З УРАХУВАННЯМ СЕЗОННОСТІ

Вступ. Перехід до відновлювальних джерел енергії несе значні ризики та виклики для енергосистем країн світу в частині забезпечення стабільної, стійкої та безперебійної роботи енергосистеми в умовах зменшення кількості обертових резервів, зростання інерційності енергосистем та зростання швидкості зміни генерації електричної енергії на станціях, заснованих на відновлювальних джерелах енергії за рахунок зростання їх встановленої потужності та поступового витіснення теплової генерації. Важливим параметром для відновлювальних джерел енергії є параметри сезонності, де в залежності від пори року змінюються параметри та характеристики графіку генерації електричної енергії. Враховуючи ризики, що в собі несуть відновлювальні джерела енергії, необхідно забезпечити контрольоване зростання частки генерації електростанцій з відновлювальних джерел енергії для забезпечення стійкості енергосистеми країн та їх усталеного розвитку в майбутньому.

Метою є підвищення адекватності результатів розподілу дефіцитних резервів підтримки частоти, резервів відновлення частоти для компенсації небалансів, що виникають під час зміни генерації на сонячних електростанціях. Зменшення вартості компенсації небалансів, що виникають при зміні генерації на сонячних електростанціях. Для вирішення мети необхідно проаналізувати режим роботи сонячної електростанції та величину небалансів з урахуванням сезонності, викликаних відхиленням від графіку генерації на сонячній електростанції та розробити нові методи короткострокового прогнозування.

Результати дослідження. Запропоновано нове математичне та технічне рішення для компенсації небалансу в енергосистемі у разі швидкої зміні графіку генерації електричної енергії на сонячних електростанціях. Вперше проаналізовано графік генерації електричної енергії на сонячній електростанції з урахуванням сезонності та з врахуванням міжнародного законодавства в сфері енергетики Commission Regulation (EU) 2017/1485 of 2 August 2017 establishing a guideline on electricity transmission system operation. Проаналізовано графік загального відхилення від прогнозованого графіку генерації електричної енергії на сонячній електростанції.

Висновок. Проаналізовано дані генерації електричної енергії на сонячній електростанції Б. в період з 01.10.2022 00:00 по 27.09.2023 14:00. За результатами аналізу графіку загального відхилення від графіку генерації електричної енергії на сонячній електростанції Б. у досліджуваний період часу видно, що під час роботи електростанції незалежно від сезонності спостерігається значні відхилення від прогнозного графіка генерації в результаті зміни погодних умов. Швидкість зміни таких відхилень є значною,

що негативно впливає на загальну стійкість енергосистеми та якість її регулювання. Зростання відновлювальних джерел енергії в частці загальної генерації негативно впливає на енергосистему в цілому і виникає необхідність впровадження нових інженерних рішень та сучасних технологій, заснованих на штучному інтелекті та спрямовані на прогнозування графіку генерації для можливості передчасного реагування на виклики та загрози.

Список використаної літератури

[1] [Електронний ресурс] Кодекс системи передачі. Версія №1848 від 27.12.2022- https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0309874-18#Text

[2] [Електронний ресурс] Кодекс системи розподілу. Версія №1575 від 29.11.2022- https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18#Text

[3] [Електронний ресурс] Про затвердження Правил ринку. Версія №1592 від 29.11.2022- https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0307874-18

[4] [Електронний ресурс] Офіційний сайт ENTSO-E - https://vision.entsoe.eu/

[5][Електронний ресурс] Енергетичний ринок північної Європи –https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/#/nordic/table

[6] [Електронний ресурс] Ринок допоміжних послуг північної Європи за видами резервів- https://www.regelleistung.net/apps/datacenter/tenders/?productTypes=PRL,SRL,MRL&markets=BALANCING_CAPACITY,BALANCING_ENERGY

[7] [Електронний ресурс] Commision Regulation (EU) 2017/1485 of 2 August 2017 establishing a guideline on electricity transmission system operation - Regulation - 2017/1485 - EN - EUR-Lex (europa.eu)

References

[1] [Electronic resource] Transmission system code. Version No. 1848 dated 12/27/2022- https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0309874-18#Text

[2] [Electronic resource] Distribution system code. Version No.1575 dated November 29, 2022- https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18#Text

[3] [Electronic resource] On the approval of the Market Rules. Version No. 1592 dated 29.11.2022 - https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0307874-18

[4] [Electronic resource] ENTSO-E official website https://vision.entsoe.eu/

[5][Electronic resource] Energy market of Northern Europe https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/#/nordic/table

[6] [Electronic resource] Northern European auxiliary services market by types of reserves - https://www.regelleistung.net/apps/datacenter/tenders/?productTypes=PRL,SRL,MRL&markets=BALANCING_CAPACITY,BALANCING_ENERGY

[7] [Electronic resource] Commission Regulation (EU) 2017/1485 of 2 August 2017 establishing a guideline on electricity transmission system operation - Regulation - 2017/1485 - EN - EUR-Lex (europa.eu)

UDC 620.91

Trachuk A.R., postgraduate,
scientific supervisor: prof. Dr. Tech. Science, **S.V.Zaichenko**
National Technical University of Ukraine
"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

METHODOLOGY FOR ACHIEVING UKRAINE'S ENERGY INDEPENDENCE BY INCREASING THE SHARE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE STRUCTURE AND SYSTEM OF THE ENERGY BALANCE OF UKRAINE

Introduction. The problem of energy independence is currently one of the most urgent for Ukraine, as it affects the country's stability and development. Dependence on energy imports, especially from geopolitically unstable regions, creates risks for national security and economic development. In such conditions, the development and use of renewable energy sources (RES) becomes an important strategy for ensuring a sustainable, reliable and environmentally safe energy balance.

The purpose and tasks of research. The main goal of our research is to analyze the possibilities of achieving energy independence of Ukraine by increasing the use of renewable energy sources. To achieve this goal, we formulated the following tasks:

- assessment of the current state of the energy sector of Ukraine and identification of the main problems that prevent the achievement of energy independence.
- analysis of the potential and possibilities of using renewable energy sources in Ukraine.
- development of a strategy for increasing the role of RES in the energy balance of Ukraine from different perspectives.
- evaluation of the economic efficiency of the transition to the use of RES.
- identification of obstacles and ways to overcome them on the way to energy independence.

Research materials and results. In our work, we used methods of statistical data analysis, modeling of energy processes, and sources of information on renewable energy issues. The result is a comprehensive strategy that covers the technical, economic, social and political aspects of the transition to the use of RES to ensure Ukraine's energy independence.

Our analysis also showed the significant potential of renewable energy sources, which can become an important factor for stabilizing and ensuring the security of Ukraine's energy supply. With proper support and investment, this potential can be successfully realized, helping to reduce dependence on energy imports and creating a sustainable and clean energy sector.

In this article, we will consider the key aspects of the strategy to increase the role of renewable energy sources in the energy balance of Ukraine, analyze the potential and obstacles on the way to achieving this goal, and also consider the advantages and challenges facing Ukraine in this energy context.

The analysis requires a comprehensive approach and a thorough study of various aspects of the country's energy policy. Below are key points and recommendations that can be considered in such a study:

- assessment of the potential of renewable energy sources - conducting an analysis of the possibilities of using solar, wind and hydropower in Ukraine, taking into account geographical and climatic conditions, technological possibilities and economic feasibility.
- stimulation of investments in the development of renewable energy sources - development of effective mechanisms for financial support and stimulation of investments in the sector of renewable energy, including various financial instruments.

- modernization of energy infrastructure - development and modernization of power grids for the integration of renewable energy sources, as well as the creation of energy storage facilities and other measures to increase the efficiency of the energy system.
- creation of a favorable legislative and regulatory environment - development and implementation of legislative acts that contribute to the development of renewable energy sources and their integration into the energy system.
- development of research and innovation - involvement of scientific institutions and the private sector in the development of the latest technologies in the field of renewable energy.
- regional and international cooperation - cooperation with international partners and neighboring countries to exchange experience and provide additional sources of funding.
- educational activities and involvement of the public - information campaigns and educational events to raise public awareness of the benefits and possibilities of using renewable energy sources.

These recommendations can be used to develop and implement strategies and programs for the development of renewable energy sources in Ukraine.

Conclusions. This study is critically important in the context of modern challenges and global trends aimed at the development of RES. Increasing energy independence will contribute not only to ensuring national security, but also to stimulating sustainable economic development and reducing the impact on the environment.

Achieving the energy transition towards greater use of renewable energy sources requires an integrated approach and the cooperation of all stakeholders, including government, business, the public and the academic community.

The transition process should be based on scientific research and the best global practices, with the aim of maximizing efficiency and ensuring economic profitability, i.e. profitability of these projects. It is important to ensure the stable development of renewable sources, constant support and stimulation of investments in this sector, as well as the attraction of technological innovations.

Successful implementation of this strategy will provide Ukraine with competitive advantages on the global energy arena, reduce dependence on imported energy resources, promote sustainable development and improve the quality of life of citizens. Therefore, it is important to give priority attention to this issue and take the necessary measures to ensure energy stability and growth of Ukraine in the future.

References

1. "Ukraine's Energy Sector: Reform in Times of Crisis" - available on the Atlantic Council website (https://www.atlanticcouncil.org/wp-content/uploads/2021/02/Ukraine_Energy_Sector_022021_Web.pdf)

2. "Renewable Energy Statistics 2021" - published by the International Renewable Energy Agency (IRENA) (https://www.irena.org/publications/2021/Mar/Renewable-energy-statistics-2021)

3. "Ukraine's Energy Independence: Building a Secure and Diversified Energy Future" - a study conducted by The Kennan Institute (https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/ukraines_energy_independence.pdf)

4. "Advancing Renewable Energy in Ukraine: Status and Policy Options" - published by the International Monetary Fund (IMF) (https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2020/08/31/Advancing-Renewable-Energy-in-Ukraine-Status-and-Policy-Options-49515)

5. "Ukraine's Energy Strategy until 2035" - an official document of the Ukrainian government, available on the website of the Ministry of Energy and Environmental Protection of Ukraine (https://menr.gov.ua/ministry/energy-strategy)

УДК 62-83:628.12

Боднарук О.Ю., аспірант,
науковий керівник: к.т.н., доцент **А.В.Босак**
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

НАСОСНІ УСТАНОВКИ ЗІ СТАБІЛІЗАЦІЄЮ ТИСКУ. ОГЛЯД МЕТОДІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТИСКУ

Вступ. Використання методів стабілізації тиску в насосних системах має важливе значення для підвищення енергоефективності, оптимізації продуктивності системи, зниження експлуатаційних витрат, забезпечення стабільності тиску та захисту обладнання. Насосні системи можна експлуатувати більш ефективно, застосовуючи методи стабілізації тиску.

Мета та завдання дослідження. Метою даної роботи є огляд існуючих пропозицій щодо методів стабілізації тиску у насосних установках.

Матеріал та результати дослідження. Значні пульсації тиску та явище гідроудару у насосних установках є проблемами які випливають внаслідок нехтування стабілізацією тиску у насосних установках. Пульсації тиску у насосах можуть призводять до сильної вібрації та сильних напружень всередині обладнання, що потенційно спричиняє тріщини робочого колеса та провокує фізичні пошкодження усієї насосної установки. Існує також і зворотній зв'язок, коли пошкодження, які виникли внаслідок проблем з стабілізацією тиску тільки підвищують руйнівний вплив на насосну установку [2]. Гідроудар виникає, коли раптові зміни потоку (наприклад, закриття клапана або відключення живлення) призводять до швидких змін тиску, які у свою чергу також призводять до пошкодження насосної установки. Вище описані явища не тільки призводять до фізичних руйнувань, але і до збільшення енергоспоживання, зменшення терміну служби обладнання [1].

Для вирішення проблеми пульсацій тиску застосовують методи які будуть розглянуті нижче.

Rotor-Stator Gap Adjustment (RSGA): Збільшення зазору між робочим колесом (ротором) і статором може значно зменшити пульсації тиску. Дослідження підтвердили ефективність цього методу [1]. Оптимізуючи цей розрив, можна пом'якшити коливання тиску. RSGA для стабілізації тиску в насосних системах передбачає динамічне регулювання зазору між ротором і статором для регулювання тиску і швидкості потоку. Експериментальні результати підтверджують ефективність РСГА у досягненні цих цілей. Метод RSGA показує перспективу для більш широкого застосування в насосних системах, пропонуючи кращу енергоефективність та стабільність роботи.

Зміна дизайну робочого колеса та форми самої лопаті : Зміна розташування леза допомагає послабити пульсації тиску. Лопаті в шаховому порядку порушують структуру потоку і зменшують вплив взаємодії ротора-статора. Зміна форми леза або профілю може впливати на пульсації тиску. Регулюючи кути леза або кривизну, ви можете досягти більш плавного потоку і мінімізувати пульсацію [1]. Підходи до модифікації лопатей можуть бути застосовані у різних типах насосних систем і допомагають покращити їх загальну продуктивність та надійність. Встановлення коротких лопатей має значний вплив на продуктивність та енергоефективність центрифугального насосу з низьким специфічним обертовим числом [6]. Комбінація RSGA і модифікацій лопастей дозволяє ефективно

зменшити пульсації тиску в системі, що покращує якість роботи насосної установки та захищає обладнання від надмірного навантаження.

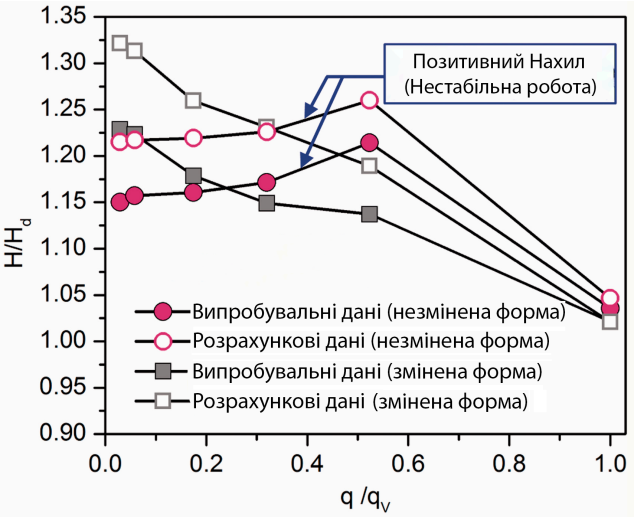


Рисунок 1. Криві продуктивності насосів із різними формами лопатей отримані експериментально і чисельно

Правильна швидкість закриття і тип заслінок і запобіжні клапани: Існують заслінки які поступово зменшують потік, а не різко вимикаються, знижуючи ризик гідроудару. Заслінки повільного закриття особливо корисні в сценаріях, коли раптові зміни потоку можуть призвести до пошкодження або експлуатаційних збоїв [5]. Запобіжні клапани автоматично звільняють надлишковий тиск, коли він перевищує безпечні межі. Це запобігає накопиченню тиску та потенційному пошкодженню. [4]

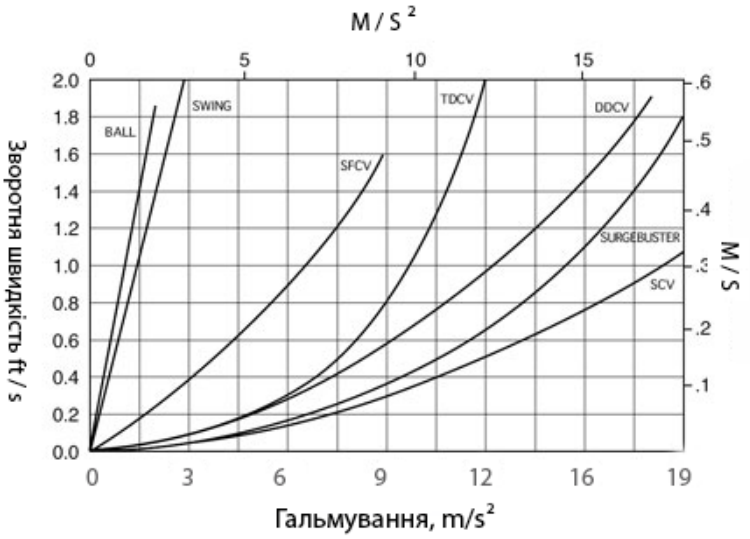


Рисунок 2. Порівняння різного типу заслінок з можливістю плавного відкриття і закриття

Мембранні баки: Включення мембранних резервуарів допомагає поглинати стрибки тиску, викликані раптовими закриттями клапанів або іншими порушеннями потоку. [4] Ці резервуари діють як буфер, дозволяючи системі поглинати надлишковий тиск, не впливаючи на цілісність трубопроводу.

Висновки. Підсумовуючи, видно, що методи стабілізації тиску допомагають підтримувати стабільний рівень тиску у системі, і забезпечувати надійну та плавну роботу насосних установок. Це особливо важливо при змінних умовах експлуатації. Реалізація вище описаних стратегій може підвищити продуктивність, надіність і стабільність насосної установки і сприяти енергозбереженню, та дані методи не є універсальними, і потрібно враховувати що зниження пульсацій тиску залежить від конкретної конструкції насоса та умов експлуатації.

Список використаної літератури

1. Ning Zhang, Delin Li, Bo Gao, Zhoung Li (2023). Unsteady Pressure Pulsations in Pumps. School of Energy and Power Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013. https://doi.org/10.3390/en16010150
2. Ali Triki, Badreddine Essaidi. (2022). Journal of Pressure Vessel Technology. Investigation of Pumps Failure-Induced Waterhammer Waves. https://doi.org/10.1115/1.4051512
3. Rasha Hayder Al-Khayat, Ali Wadi Abbas Al-Fatlawi, Maher A.R. Sadiq Al-Baghdadi, Muhannad Al-Waily. (2022). Open Engineering, formerly Central European Journal of Engineering. Water hammer phenomenon in pumping stations: A stability investigation based on root locus
4. Kraig Nunn. (2020). Pipeline & Gas Journal. Causes, Effects and Solutions for Damaged Pipelines. https://pgjonline.com/magazine/2020/march-2020-vol-247-no-3/features/causes-effects-and-solutions-for-damaged-pipelines
5. Pumps & Systems (2011). Surge Control in Pumping Stations. https://www.pumpsandsystems.com/surge-control-pumping-stations
6. Can Kang, Ning Mao, Chen Pan, Yang Zhu, Bing Li. (2017). Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy. Effects of short blades on performance and inner flow characteristics of a low-specific-speed centrifugal pump. https://doi.org/10.1177/0957650917695672

УДК 621.34:621.51

Ніцак Я.М., аспірант,
науковий керівник: к.т.н., доцент **А.В.Босак**
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РЕГУЛЬОВАНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ У КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВКАХ ДЛЯ АМІАЧНОГО ХОЛОДУ

Вступ. Актуальність використання регульованих електроприводів у компресорних установках для аміачного холоду полягає в їхньому потенціалі поліпшення продуктивності та зниження витрат. Регульовані електроприводи дозволяють оптимізувати робочий процес, адаптуючи його до змінних умов, що може призвести до зменшення енергоспоживання та підвищення загальної ефективності системи холодильного обладнання з аміачним охолодженням [1].

Такий підхід також сприяє збільшенню надійності та довговічності обладнання, оскільки можливість регулювання параметрів електроприводів дозволяє підтримувати оптимальні умови роботи компресорних установок. У контексті стрімко зростаючих енергетичних вимог та підвищення усвідомленості щодо екологічних питань, використання регульованих електроприводів у таких системах запропоновано як ефективний шлях до покращення продуктивності та зменшення впливу на навколишнє середовище [2]. Стратегічне впровадження цих технологій може допомогти досягти оптимальних результатів у сфері аміачного холоду, забезпечуючи економічні та екологічні переваги.

Мета і завдання досліджень. Метою дослідження є вивчення можливостей та переваг використання регульованих електроприводів у компресорних установках для аміачного холоду з метою підвищення ефективності, зменшення споживання енергії, підвищення надійності та зменшення впливу на довкілля. Дослідження спрямоване на обґрунтування переваг такого підходу з точки зору технічних, економічних та екологічних аспектів, а також на виявлення оптимальних стратегій впровадження регульованих електроприводів у виробничі процеси, пов'язані з виробництвом аміачного холоду.

Матеріал і результати досліджень. Ефективність електроприводів у компресорних установках для аміачного холоду великою мірою визначається типом та характеристиками використовуваних двигунів. Традиційні нерегульовані двигуни мають обмежену ефективність у високооборотному обладнанні, такому як компресорні установки. Сучасні регульовані електроприводи представляють собою перспективну альтернативу, оскільки вони мають значно вищу ефективність та дозволяють досягти більш точного керування швидкістю і обертальним моментом. При використанні регульованих електроприводів в компресорних установках для аміачного холоду, доцільно враховувати їхню здатність до рекуперації енергії при гальмуванні чи зміні навантаження. Це дозволяє підвищити загальну ефективність системи та зменшити споживання електроенергії, забезпечуючи при цьому стабільну та ефективну роботу компресорної установки [3].

Під час дослідження з використанням регульованих електроприводів у компресорних установках для аміачного холоду в майбутньому дослідженні будуть використовуватися різноманітні методи і дослідницькі підходи, зокрема:

1. Проведення експериментів на вже налаштованих системах електроприводів для оцінки їхньої продуктивності та енергоефективності.

2. Використання комп'ютерних програм для розробки моделей електроприводів та компресорних установок з метою передбачення їхньої роботи в різних умовах.

3. Обробка та аналіз зібраних даних для виявлення закономірностей, оцінки ефективності та визначення оптимальних режимів роботи.

4. Порівняння різних типів електроприводів, їх параметрів та характеристик для визначення переваг кожного з них в контексті використання для аміачного холоду.

5. Вивчення реальних експлуатаційних умов компресорних установок з регульованими електроприводами для побачення їхньої ефективності та ідентифікації можливих покращень.

Ці методи дозволять здійснити комплексне дослідження та отримати обґрунтовані результати, що сприятимуть розвитку та впровадженню ефективних технологій у галузі аміачного холоду.

Дослідження будуть проводитися на підприємстві з переробки продуктів харчування для птиці, де збиралися дані, пов’язані з операцією. Аміачна холодильна система працює для забезпечення роботи передпокоїв, холодильних установок і льодогенераторів для забезпечення холодною водою, морозильних тунелів, акліматизованих приміщень для обробки їжі та холодильних камер. Встановлену потужність за типом обладнання можна перевірити в таблиці 1.

Таблиця 1 – Встановлена потужність обладнання

Обладнання	**Встановлення потужність, кВт**
Охолодження повітря	166,8
Гвинтові компресори	1030,4
Насоси для циркуляції аміаку	11,04
Загальна встановлена потужність	**1208,24**

Висновки. Дослідження ефективності та енергоефективності регульованих електроприводів в контексті їхнього застосування в компресорних установках для аміачного холоду може виявити ключові переваги цих систем, враховуючи високу динамічність, довговічність та можливість більш точного керування процесами компресії.

Список використаних джерел

1. Acunha Jr, I. C.; De Aguiar, D. B.; Germano, S. Aplicação de Simulação Computacional Para o Aumento de Eficiência Energética de Uma Instalação Frigorífica.Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia 2019,5(1), 49–57. https://doi.org/10.26512/ripe.v5i1.19244.

2. Лагойда, А., Костишин, А., Лагойда, Л., & Костишин, С. (2023). IMPACT OF VARIABLE FREQUENCY DRIVE ON THE EFFICIENCY OF CENTRIFUGAL PUMPS IN OIL PIPELINE UNITS. SWorldJournal, 1(21-01), 51–56. https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-21-01-038.

3. Peng, Q.; Du, Q. Performance Evaluation of a Variable Frequency Heat Pump Air Conditioning System for Electric Bus. International Journal of Fluid Machinery and Systems 2015, 8(1), 13–22. https://doi.org/10.5293/ijfms.2015.8.1.013.

References

1. Acunha Jr, I. C.; De Aguiar, D. B.; Germano, S. Aplicação de Simulação Computacional Para o Aumento de Eficiência Energética de Uma Instalação Frigorífica.Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia 2019,5(1), 49–57. https://doi.org/10.26512/ripe.v5i1.19244.

2. Lagoida, A., Kostyshyn, A., Lagoida, L., & Kostyshyn, S. (2023). IMPACT OF VARIABLE FREQUENCY DRIVE ON THE EFFICIENCY OF CENTRIFUGAL PUMPS IN OIL PIPELINE UNITS. SWorldJournal, 1(21-01), 51–56. https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-21-01-038

3. Peng, Q.; Du, Q. Performance Evaluation of a Variable Frequency Heat Pump Air Conditioning System for Electric Bus. International Journal of Fluid Machinery and Systems 2015, 8(1), 13–22. https://doi.org/10.5293/ijfms.2015.8.1.013.

УДК 621.311

Степаненко В.А., аспірант,
науковий керівник: к.т.н., доцент **А.І.Замулко**
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ФОРМУВАННЯ ТАРИФНОГО МЕНЮ ЯК МЕХАНІЗМУ КОНТРОЛЬОВАНОГО РОЗВИТКУ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВДЕ

Вступ. На сьогодні стрімкий розвиток "зеленої" енергетики відбувається без урахування реальних потреб ОЕС України у додаткових генеруючих потужностях, що може призвести до дестабілізації функціонування енергосистеми країни й можливості аварійних ситуацій.

Також спостерігається збільшення учасників ринку електричної енергії, що мають різнохарактерний вплив на мережу. Тому необхідний розвиток та поглиблення диференціації певних тарифних систем для врахування особливостей технічних процесів енергетичної галузі.

Мета і завдання досліджень. Метою є розвиток методології поглиблення диференціації тарифів на послуги з розподілу електричної енергії для забезпечення ефективного використання систем розподілу в умовах збільшення учасників ринку.

Матеріал і результати досліджень. В умовах функціонування енергетичного ринку виробники електроенергії мають можливість використовувати варіативні способи продажу, прогнозувати та розробляти стратегії свого подальшого розвитку. В свою чергу, система передачі може керувати потоками енергії більш ефективно в порівнянні із системою розподілу, оскільки вона має більше резервних можливостей для перерозподілу енергії в разі аварій або інших проблем. А також система передачі дозволяє краще контролювати параметри якості електропостачання, такі як напруга, частота та стійкість, що важливо для підтримки нормального функціонування споживачів електроенергії.

У системі розподілу управління навантаженням часто обмежене через відсутність резервних можливостей, а також передових систем моніторингу та керування. Також існуючі мережі розподілу мають обмежену потужність приєднання нових відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), особливо якщо вони сконцентровані на невеликій території. Це пояснюється нестабільністю виробництва електроенергії з ВДЕ, збільшенням варіабельності та недостатньою готовністю мережі до таких змін через обмеженість технічних можливостей інфраструктури.

При збільшенні в енергетичній системі неконтрольованих генеруючих потужностей ключовою можливістю вирішення описаних вище проблем може стати режимна взаємодія енергосистеми із власниками ВДЕ на основі економічних заходів. Їх використання може полягати передусім у запровадженні у відносинах між енергосистемою і виробниками ефективної системи диференційованих тарифів на послуги з розподілу.

Тарифи на послуги з розподілу електроенергії можна диференціювати за декількома параметрами залежно від конкретних цілей та стратегії енергетичної компанії. Наприклад, застосовувати часову диференціацію; функціональну (тарифи для різних класів виробників за напругою чи типом); регіональну чи умовну диференціації (тарифи можуть змінюватися в залежності від технічних або енергетичних умов).

Наразі існує тариф за двома класами напруги, котрий розраховується для кожного ОСР на основі прогнозованих витрат та необхідного доходу від здійснення діяльності з розподілу електричної енергії. Цей тариф враховує операційні контрольовані та неконтрольовані витрати, технологічні витрати, амортизацію, прибутки, податки та дефіцит/профіцит коштів від наданням послуг з приєднання електроустановок [1].

Ми пропонуємо застосовувати для виробників електричної енергії з ВДЕ принципи тарифного меню, тобто надання можливості вибирати тарифну структуру з сукупності

тарифних систем *Tn* на основі діючих тарифів. Кількість можливих варіацій тарифів розглядаються для кожного ВДЕ, оскільки електротехнічні параметри мережі та їх можливість функціонувати із такими джерелами індивідуальні для кожного вузла енергосистеми. У такому випадку тарифне меню *T* набуває наступного вигляду:

$$T = \begin{cases} T_1(k_1^{(1)}, \ldots, k_m^{(1)}) \\ T_2(k_1^{(2)}, \ldots, k_m^{(2)}) \\ \ldots \\ T_n(k_1^{(n)}, \ldots, k_m^{(n)}) \end{cases},$$

де $k_j^{(i)}$ - параметр, за яким відбувається диференціація тарифної системи.

Тарифну шкалу на послуги з розподілу можна сформувати за допомогою коефіцієнта ефективності інтеграції ВДЕ k_{ef}, що залежить як від параметрів мережі, так і від особливостей функціонування самих джерел. В залежності від вибору запропонованих умов використання ВДЕ, k_{ef} для мережі може набувати значень від 0 до 1 (де 0 - високий ризик для мережі від функціонування ВДЕ, а 1 - вказує на відсутність ризику або дуже низький ризик).

Така тарифна політика може активно сприяти стимулюванню результативної взаємодії ВДЕ та системи розподілу. Низькі тарифи для тих, хто виконує передбачені умови використання (наприклад, зберігання енергії для перенесення у інші години або активна участь у програмах балансування мережі), будуть стимулювати споживачів до ефективної інтеграції ВДЕ в мережу. Споживачі, які генерують енергію з ВДЕ без дотримання запропонованих умов, будуть оплачувати вищі тарифи, що стимулюватиме їх до контрольованого виробництва електроенергії та зменшення негативного впливу на параметри мережі. Це дозволить уникнути перевантажень мережі та забезпечить її функціонування у нормальному режимі.

Висновки. При збільшенні в енергетичній системі неконтрольованих генеруючих потужностей ключовою можливістю для уникнення негативного впливу від них може стати режимна взаємодія оператора системи розподілу із власниками ВДЕ на основі економічних заходів.

За такої задачі існуючі багатокомпонентні тарифи можуть розглядатись як розосереджені для кожного ВДЕ, тобто надання тарифного меню для виробників на основі функціонування із енергетичною системою. Тарифну шкалу на послуги з розподілу можна сформувати за допомогою коефіцієнта ефективності інтеграції ВДЕ. Така тарифна політика може активно сприяти стимулюванню результативної взаємодії ВДЕ та системи розподілу.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Порядку встановлення (формування) тарифів на послуги з розподілу електричної енергії : Постанова Нац. коміс., що здійснює держ. регулювання у сферах енергетики та комун. послуг від 05.10.2018 р. № 1175 : станом на 10 груд. 2023 р.

References

1. On approval of the Procedure for establishing (forming) tariffs for electricity distribution services: Resolution of the National Energy and Utilities Regulatory Commission of 05.10.2018 No. 1175: as of 10 December 2023.

УДК 621.31

Карпенко А.В., аспірант,
науковий керівник: к.т.н., доцент **О.В.Коцар**
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЗАКОНОДАВЧІ ТА РЕГУЛЯТОРНІ ЗАСАДИ ВПРОВАДЖЕННЯ СЕнМ НА МУНІЦИПАЛЬНИХ ОБ'ЄКТАХ

Вступ. Прагнучи приєднатися до Європейського Союзу (ЄС) відповідно до Енергетичної стратегії до 2050 року енергетичний сектор України має на меті максимально наблизитися до кліматичної нейтральності, модернізувати енергетичну інфраструктуру, підвищити ефективність використання енергетичних ресурсів, розвивати альтернативні джерела енергії, нові продукти та інноваційні рішення.

Розв'язання цього завдання полягає в імплементації 4-го Енергопакету [1]. На особливу увагу заслуговує впровадження систем енергоменеджменту (СЕнМ) в муніципалітетах, які прагнуть бути готовими до енергетичних викликів, припинити нераціональне використання енергії, марнотратство, стати енергоефективнішими та конкурентнішими. А реалізація СЕнМ на національному і місцевому рівнях, в містах і громадах перш за все потребує чіткого законодавчого та регуляторного забезпечення.

Метою досліджень є аналіз законодавчих та регуляторних засад впровадження СЕнМ на муніципальних об'єктах.

Матеріал і результати дослідження. Приймаючи до уваги низку особливостей, зокрема, процедури прийняття рішень та здійснення закупівель, впровадження СЕнМ на муніципальних об'єктах має бути врегульовано законами та регуляторними актами, спрямованими на сприяння енергоефективності і сталого розвитку громад. Важливо, щоб усі процеси впровадження СЕнМ було всебічно врегульовано, а муніципалітети суворо дотримувалися встановлених норм. Структуру законодавчої та регуляторної бази з провадження СЕнМ в муніципалітетах наведено на рис. 1.

Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження (ДАЕЕ) України є центральним органом виконавчої влади, що відповідає за реалізацію цілісної та інтегрованої державної політики у сфері енергоефективності, енергозбереження та альтернативних видів палива в Україні, забезпечує впровадження СЕнМ в органах державної влади та органах місцевого самоврядування. У 2024 році одним з пріоритетних напрямів роботи ДАЕЕ є розробка регуляторних документів в рамках чинного законодавства. Спільно з Мінінфраструктури заплановано прийняття двох нормативно-правових актів, які наразі розроблено та проходять процедуру погодження:

Порядку ведення реєстру органів державної влади та органів місцевого самоврядування, в яких впроваджено систему енергетичного менеджменту [2];

Порядку ведення реєстру суб'єктів господарювання, що отримали сертифікати систем енергетичного менеджменту та/або екологічного менеджменту [3].

Прийняття цих регуляторних актів має забезпечити підвищення прозорості та відповідальності органів державної влади, органів місцевого самоврядування щодо стану та результатів впровадження СЕнМ. Наявність Реєстру створить перспективу участі органів державної влади, органів місцевого самоврядування у державних інструментах із підтримки (допомоги) для реалізації енергоефективних заходів відповідно до пункту 22 Порядку впровадження систем енергетичного менеджменту, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23.12.2021 № 1460 «Про впровадження систем енергетичного менеджменту» [4].

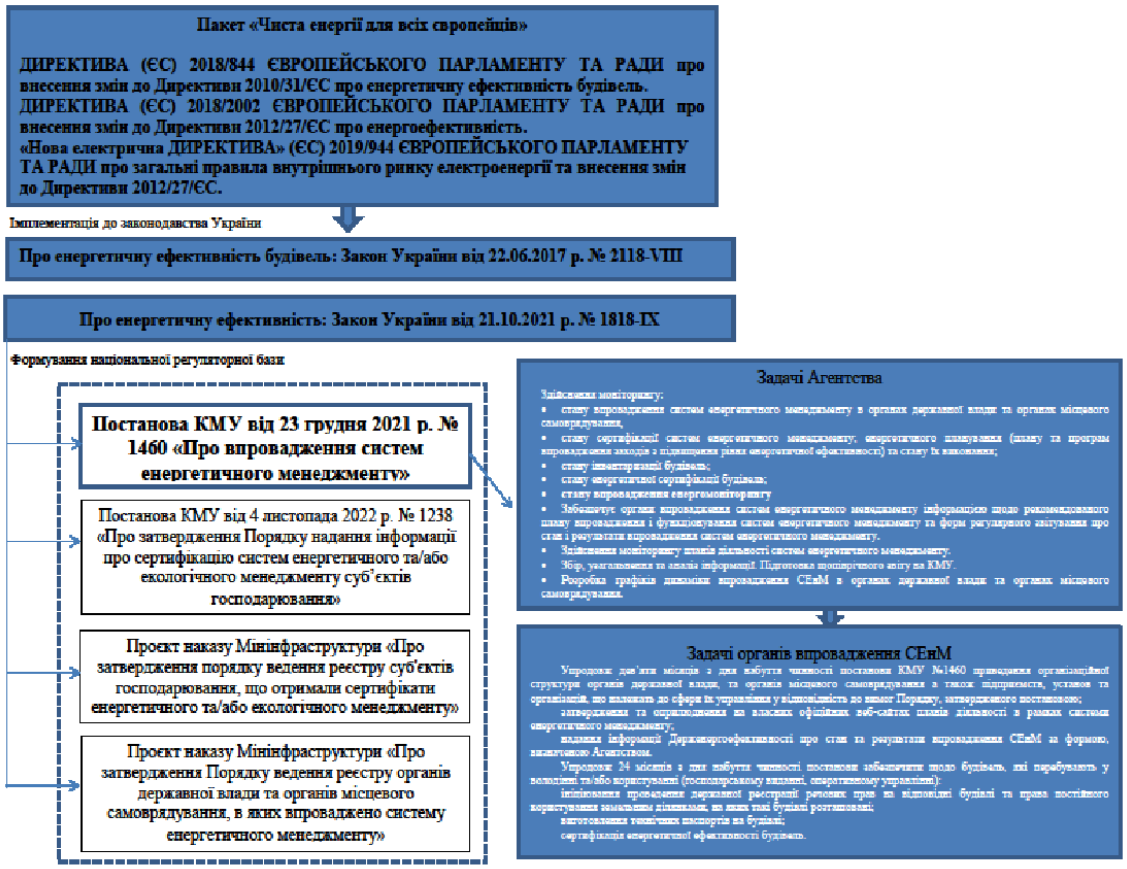


Рисунок 1. Структура законодавчого та регуляторного забезпечення впровадження СЕнМ в муніципалітетах

Результати аналізу чинного законодавчого та регуляторного забезпечення впровадження СЕнМ в муніципалітетах висвітили критичну нестачу зворотнього звязку від органів місцевого самоврядування. Оскільки впровадження СЕнМ спрямовано на підтримку управлінських рішень, досягнення поставленої мети передбачає інформаційні, організаційні, кадрові, фінансові та технічні заходи щодо планування і управління ефективністю споживання енергетичних ресурсів на мунципальних об'єктах. Джерелами інформації про обсяги споживання енергоресурсів та надання комунальних послуг мають бути смарт системи обліку, рахунки за комунальні послуги, звіти про енергетичний аудит тощо.

Точна, актуальна і достовірна інформація про енергоспоживання є основою продуктивного застосування СЕнМ. Досвід показує, що наразі відсутні методики та підходи щодо ефективного аналізу споживання енергетичних ресурсів та комунальних послуг в мунципалітетах. Для розв'язання цих проблем важливо мати надійну інфраструктуру для збору даних, ефективні алгоритми обробки і аналізу даних, а також кваліфікаційний персонал для роботи із СЕнМ.

Результати моніторингу: На виконання [4] ДАЕЕ здійснює моніторинг стану впровадження СЕнМ в будівлях органів державної влади за формою [5]. За результатами моніторингу у 2023 році отримано інформацію від державних адміністрацій та органів місцевого самоврядування загалом стосовно 20205 будівель:

- призначено понад 1484 відповідальні особи за СЕнМ;
- затверджено понад 728 наказів про запровадження організаційної структури СЕнМ;
- затверджено понад 339 посад енергоменеджера та посадових інструкцій;
- підписано договір з 17 організаціями щодо виконання функцій СЕнМ;
- затверджено понад 159 декларацій енергетичної політики;

- затверджено понад 542 плани діяльності системи енергоменеджменту;

- охоплено енергомоніторингом понад 17750 (87%) будівель, з них лише 1474 будівлі (8,3%(охоплено автоматизованим енергомоніторингом (рис.2):



Рисунок 2. Стан енергомоніторингу в будівлях ОДА/ОМС

Висновки: Україна спрямовує зусилля на наближення до кліматичної нейтральності та модернізації енергетичної інфраструктури з метою інтегрування в ЄС. Чітке законодавче та регуляторне забезпечення на національному та місцевому рівнях є ключовим для реалізації СЕнМ та досягнення поставлених цілей в енергетичному секторі. Впровадження СЕнМ в муніципалітетах є важливим для підтримки енергоефективності та сталого розвитку громад. Отримані дані свідчать про поступовий прогрес у впровадженні СЕнМ та необхідність подальшої роботи для досягнення поставлених цілей з енергоефективності. Підвищення продуктивності СЕнМ полягає, зокрема, у переході до автоматизованого енергомоніторингу.

Список використаних джерел

1. Clean Energy for All Europeans Package. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en (дата звернення 28.03.2024).

2. Проєкт наказу Мінінфраструктури «Про затвердження Порядку ведення реєстру органів державної влади та органів місцевого самоврядування, в яких впроваджено систему енергетичного менеджменту», URL: https://saee.gov.ua/uk/content/elektronni-consultatsii (дата звернення 28.03.2024).

3. Проєкт наказу Мінінфраструктури «Про затвердження Порядку ведення реєстру суб'єктів господарювання, що отримали сертифікати систем енергетичного менеджменту та/або екологічного менеджменту», URL: https://saee.gov.ua/uk/content/elektronni-consultatsii (дата звернення 28.03.2024).

4. Постанова Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2021 р. № 1460 «Про впровадження систем енергетичного менеджменту».

5. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України, URL: https://saee.gov.ua/uk/business/energy-audit-and-management (дата звернення 28.03.2024).

References

1. Clean Energy for All Europeans Package. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en (accessed at 28.03.2024).

2. The draft order of the Ministry of Infrastructure "On approval of the Procedure for maintaining the register of state authorities and local self-government bodies, in which the energy management system has been implemented, URL: https://saee.gov.ua/uk/content/elektronni-consultatsii (accessed at 28.03.2024).

3. Draft order of the Ministry of Infrastructure "On approval of the Procedure for maintaining the register of business entities that have received certificates of energy management and/or environmental management systems, URL: https://saee.gov.ua/uk/content/elektronni-consultatsii (accessed at 28.03.2024).

4. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 23, 2021 No. 1460 "On the implementation of energy management systems".

5. State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine, URL: https://saee.gov.ua/uk/business/energy-audit-and-management (accessed at 28.03.2024).

УДК 621.31

Прасол[1]А.А., магістрант, **Чернецька Ю.В.**, к. т. н., ст. викл.,
[1]науковий керівник: к.т.н., доцент **А.І.Замулко**
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ТАРИФНЕ УПРАВЛІННЯ ОБМЕЖЕННЯМИ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЄЮ В УМОВАХ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇЕНЕРГІЇ

Вступ. Найбільш реальним і найменш витратним для держави поствоєнного часу шляхом наближення стану енергосистеми до абсолютної надійності, вважається залучення споживачів до регулювання свого попиту на електричну енергію впродовж доби. Це практика т.зв. *явного управління попитом*, що однозначно є економічно привабливішою за примусові обмеження споживачів, що супроводжують ОЕС України весь час.

Мета і завдання досліджень. Метою є розгляд способу диференціації споживачів за готовністю до зниження навантаження у періоди балансування енергосистемою в умовах аварійних ситуацій.

Матеріал і результати досліджень. Зі сторони національного оператора НЕК «Укренерго» введення конкурентних відносин між суб'єктами на ринку електричної енергії ускладнило управління режимами роботи електроенергетичної системи. «Застарілими» адміністративними методами обмежень споживачів досить дієво забезпечується балансова надійність ОЕС, незважаючи на їх дискримінаційний до споживачів прояв. Все, ж це є порушенням правил лібералізованого ринку, тому він потребує нового механізму обмежень. Перспективним в реаліях української енергетики є система керованого управління попитом, з фінансовою компенсацією за переривання електропостачання споживача.

З ціллю наслідування концепцій «активного споживача», виокремимо певну підмножину споживачів *M*, які можуть надавати послуги з керованого управління попитом, при обмеженнях на гнучкість власних процесів. Логічно припустити що неможливо використати всю встановлену потужність об'єкта через технічні і технологічні обмеження, а також через внутрішню політику компанії, у якої цей об'єкт на балансі. Для оцінки спроможностей зменшення/збільшення інтенсивності технологічних процесів споживачів можна використати *коефіцієнти готовності*. Однак в даному міркуванні, коефіцієнт має бути комплексним, і базуватись на часових характеристиках запуску/відновлення технологічних процесів. Автором [1] означується k_M –це коефіцієнт готовності (доступності) відповідної технології на розвантаження, що визначається споживачем на основі аналізу функціональної зв'язаності об'єктів виробництва в технологічній схемі. Добуток встановленої потужності на коефіцієнт готовності визначає максимальну доступну потужність генерації або технології з керованого управління попитом

$$P_M^{max} = k_M \cdot X_M \qquad (1)$$

де X_M – встановлена потужність *M* споживача, МВт; P_M^{max} – максимальна потужність, яка може бути використана для балансування на певному часовому періоді доби за рахунок зниження потужності споживача, МВт.

З точки зору ОСР, споживачів *M* доцільно диференціювати за такими критеріями: реакція на команду на відключення, величина зниження потужності (P_M^{max}), її тривалість і частота впродовж доби. Зрозуміло, що ефективність дій споживача тим більша, чим є достатня завчасність повідомлення про запровадження режиму управління електроспоживанням. Управління передбачається через централізовані оперативні команди ОСР.

Таким чином, за основу класифікації споживачів візьмемо площадки комерційного обліку груп «а» і «б» [3] – як розділення за встановленою потужністю (більше 150 кВт і менше 150 кВт). Також проведемо класифікацію споживачів, що характеризуватимуться готовністю до скиду навантаження (табл.1). Причому для «площадки «б»» не передбачається самостійна участь, а взаємодія з ОСП буде проводитись через спеціального агрегатора.

Таблиця 1 — класифікація енергетичних об'єктів за часом реакції на команду на відключення

	<1 хв	>30 хв	Договірний
Площадка «а»	$P_{Ма1}^{max}$	$P_{Ма2}^{max}$	$P_{Ма3}^{max}$
Площадка «б»	$P_{Мб1}^{max}$	$P_{Мб2}^{max}$	$P_{Мб3}^{max}$

Причому $P_{Ма}^{max} > P_{Мб}^{max}$ – виходячи з переважних за попитом об'єктів в Україні (промисловість і т.п), що найбільш керовані.

Очевидно що найбільш цінними для ОСП з точки зору регулювання балансової надійності – складанням переліку об'єктів, що можна відключити, будуть споживачі групи $P_{Ма1}^{max}$, $P_{Мб1}^{max}$, оскільки їх вихід на є найшвидшим за реакцією.

Як статистичне підґрунтя для задачі, на рис. 1 показані завдання для розробки електропередавальними організаціями графіків аварійних відключень, складеними експертами згідно з [2]. На випадок появи дефіциту в енергосистемі, РДЦ ОСП може дати команду диспетчеру ОСР на відключення потужності сумарно: P^{max}= 5500 МВт (у 2021р)

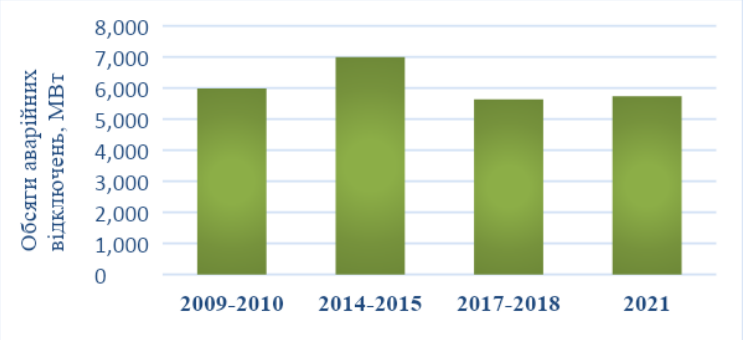


Рисунок 1 — обсяги аварійних відключень споживачів, МВт

Тобто задачею ОСП є вибір і набір таких об'єктів на відключення електропостачання, щоб виконувалась умова:

$$\sum_{\left\{P_{Ма1}^{max}, P_{Мб1}^{max}, P_{Ма2}^{max}, P_{Мб2}^{max}, P_{Ма3}^{max}, P_{Мб3}^{max}\right\}} = 5500 \text{ МВт} \qquad (2)$$

Запропоновано оцінювати вартість цього обсягу за величиною пропозиції на зниження навантаження. Обсяг відключень можна скоригувати через ймовірність настання аварійної події, і здійснювати розподіл серед можливих груп учасників. При цьому принцип розподілу може реалізовуватись згідно з критеріями:

- пропорційний (частинами обсягу на кожну з груп)
- за ретроспективною інформацією про обсяги використання графіків навантаження
- за результатами оцінки відповідності генерації (звіт НЕК «Укренерго»)

Висновки. В умовах ринку електричної енергії вирішення задач із забезпечення надійності необхідно вирішувати з використанням економічних ринкових методів. Важливим є пошук можливостей залучення до цього процесу споживачів. Принциповим питанням є визначення системи зв'язків між суб'єктами ринку електричної енергії щодо організації взаємодій із споживачем

Список використаних джерел

1. Костюковський Б., Нечаєва Т. Теоретичне обґрунтування необхідності оплати потужності в ОЕС. Інститут загальної енергетики НАН України. System Research in Energy. 2022. Т. 2, № 71. С. 66.

2. Про затвердження Інструкції про складання і застосування графіків обмеження та аварійного відключення споживачів, а також протиаварійних систем зниження електроспоживання : Наказ М-ва палива та енергетики України від 23.11.2006 р. № 456 : станом на 26 квіт. 2022 р

3. Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії : Постанова Нац. коміс., що здійснює держ. регулювання у сферах енергетики та комун. послуг від 14.03.2018 р. № 311 : станом на 12 січ. 2024 р. URL

УДК 621.3

Пустовий А.М., аспірант,
науковий керівник: д.т.н., доцент **В.Ф.Находов**
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ НА ЖИТЛОВІЙ БУДІВЛІ

Вступ Сучасні тенденції розвитку енергетики України активно направлені на збільшення кількості розподіленої генерації, що буде максимально наближена до споживача. За оцінками 2023 року промислові об’єкти збільшили потужність локальної генерації з ВДЕ на 300 МВт, що дозволить зменшити споживання з централізованої системи на 310 ГВт·год. Разом з цим, будівлі цивільного призначення: житлові, торгові, адміністративні та інші, не так активно впроваджують «зелені» технології в своїх енергетичних мережах. Оскільки при інтеграція ВДЕ до інженерних систем в будівлях виникає ряд проблем технічного, економічного, нормативного/юридичного та навіть ментального характеру.

Мета і завдання досліджень Метою досліджень є аналіз особливостей при інтеграції фотоелектричних станцій в систему електропостачання будівель та виявлення перешкод під час виконання даних робіт. Огляд основних вимог нормативного забезпечення та нормативно-технічних документів, які регламентують, встановлюють правила, загальні принципи чи характеристики різних підходів до процесу інтеграції ВДЕ до інженерних систем будівель.

Матеріали і результати досліджень. Оцінка об’єкта на предмет потенціалу встановлення ФЕС проводиться згідно інструкцій та рекомендацій [1]. Даний документ в більшій мірі надає рекомендіції щодо вибору площадок становлення ФЕС на земельних ділянках і націлений на максимізацію річної генерації, що було доцільним в часи автивного використання «зеленого» тарифу. Цей порядок не дає окремих рекомендацій щодо відбору майданчиків ФЕС на будівлях та/або їх фасадах та не містить жодних рекомендацій щодо інтеграції ФЕС в мережі споживача.

При реалізації робіт щодо розміщення фотоелектричних модулів (ФЕМ) на будівлях, впершу чергу розлядаються площі на покрівлях будівель. Зрозуміло що найвищу ефективність (максимальний обсяг генерації протягом року) ФЕМ мають при направленні на південь, під кутом, що залежить від широти розрахування об’єкта. Однак в залежності від конструкції будівлі, технічні рішення щодо встановлення під іншими азимутами та кутами відносно горизонту можуть бути більш ефективнішими. Оскільки виникає можливість підібрати позицію площини ФЕМ, щоб робота установки якомога краще покривала графік навантаження будівлі. Але нормативних вимог щодо розміщення ФЕМ на покрівлі не існує, окрім розділу нормативного документа [2, роз. 13], який в більшій мірі описує установки геліосистем направлених на отримання теплової енергії (геліоколектори), прирівнюючи до них ФЕМ, що є не зовсім коректним. Окрім зазначених вище основ підходів щодо реалзації проєктів дахових СЕС необхідно враховувати ряд особливостей, наприклад: розміщення вентиляційного та кондиціонуючого обладнання; різноманітні технічні набудови (машинні відділення ліфтів), різні телекомукаційні рішення та інші. Наступним рішенням щодо розміщенням ФЕМ можуть бути фасади будівлі. Норми, що описують вимоги до обладнання в процесі монтажу, експлуатації при

облаштування фасадів, окремо для кожної категорії будівель (житлові, адміністративні, заклади освіти і т.д.) наразі не існує, але є вимоги щодо норм освітленості фасадів, тобто відстані та взаєморозміщення між будівлями [3].

На етапі приєднання обладання: інверторів, фотоелектричних панелей до внутрішніх електричних мереж будівлі виникають певні технічні незручності викликані традиційним поглядом до нормування облаштування електроустановок [4]. Так, інвертори ФЕС задля близького розміщення від ФЕМ, що в більшій мірі розташовуються на даху або верхньому технічному поверсі, не мають можливості приєднання до мережі будинку «по місцю» їх розташування. Тому при проведенні монтажних робіт щодо улаштування кабельних ліній до першого/цокольного поверху, де розміщені будинкові РУ 0,4 кВ виникають технічні проблеми, серед яких слід виділити: наявністю простору в кабельних шахтах, відсутність додаткоих шахт, облаштування нових каналів в кострукціях бідівлі. Наразі реалізація проєктів направлених на втановлення власної генерації для зменшення витрат на технічні потреби будівель є ефективною інвестицією як з технічної, так і з економічної точки зору. Однак більшість балансоутримувачів відмовляються від таких проектів, оскільки не мають розроблених чітких нормативно-правових актів, які б дозволили провести попередню обгрунтовану економічну і технічну оцінку ефективності встановлення ФЕС з дотриманням технічних і експлуатаційних вимог в житловій будівлі.

Висновки. Встановлення ФЕС на основних конструкціях житових будівлель є важливим елементом досягнення Україною енергетичних та безпекових цілей. Сучасні норми будівництва та улаштування не завжди роблять цей процес простим, часто унеможливлюють його реалізацію. Оскільки дані рішення щодо інтеграції ФЕС в систему електропостачання будівлі повиннісупроводжуватися рядом вимог, які можуть бути реалізовані у технічних документах.

В умовах впровадження і реалізації проєктів ВДЕ необхідно ввести технічне регулювання у будівельній сфері, що створить базові умови для інтергації даних рішень в будівлі, за прикладом міжнародних сучасних вимог .

Список використаних джерел

1. ДСТУ 8635:2016. Геліоенергетика. Площадки для фотоелектричних станцій. Приєднання станцій до електроенергетичної системи. – Київ: Міненерговугілля України, 2017. – 617с.
2. ДБН В.2.6-220:2017. Покриття будівель і споруд. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництвата житлово-комунального господарства України, 2017. – 46с.
3. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництвата житлово-комунального господарства України, 2019. – 183с.
4. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненерговугілля України, 2017. – 617с.

References

1. DSTU 8635:2016. Solar energy. Sites for photovoltaic stations. Connection of stations to the electric power system. – Kyiv: Ministry of Energy and Coal of Ukraine, 2017. – 617p. [in Ukrainian]
2. DBN V.2.6-220:2017. Covering buildings and structures. - Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, 2017. - 46p. [in Ukrainian]
3. DBN B.2.2-12:2019. Planning and development of territories. - Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, 2019. - 183p. [in Ukrainian]
4. Rules for arranging electrical installations. – Kyiv: Ministry of Energy and Coal of Ukraine, 2017. – 617p. [in Ukrainian]

УДК 697.1

Сердечний П.Ю., аспірант,
науковий керівник: к.т.н., доцент **І.О.Суходуб**
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕРМІЧНО НЕОДНОРІДНИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ

Вступ. Енергетична ефективність будівель є одним з ключових пріоритетів сучасної України, адже від неї залежить не лише комфорт та безпека людей, але й економічна та екологічна ситуація в країні. Ефективним інструментом для визначення необхідних енергетичних показників будівлі є використання динамічного моделювання, яке дає можливість проаналізувати значну кількість показників енергоефективності та рівня теплового комфорту у будівлі, а також спостерігати за зміною рівня енергоспоживання при зміні різних вхідних даних.

Мета і завдання досліджень. Розробка та апробація енергетичного моделювання будівлі з використанням програмного забезпечення DesignBuilder, що дозволить врахувати динамічні параметри зовнішнього середовища та внутрішніх компонентів на рівень енергопотреби на опалення та охолодження будівлі. Провести порівняльний аналіз впливу термічно неоднорідних огороджувальних елементів у конструкції зовнішніх стін будівлі та приведеного коефіцієнта теплопередачі, визначеним за різними методиками.

Матеріал і результати досліджень. Особливо важливим параметром, що впливає на рівень енергопотреби будівлі є показник теплопередачі трансмісією. Даний показник залежить від типу матеріалу, його товщини, форми та поверхневих характеристик конструкції. Значний вплив на теплопередачу трансмісією мають лінійні та точкові коефіцієнти теплопровідних включень (ТВ). За відсутності інформації чи її недостатній кількості щодо теплопровідних включень у конструкції переважно існуючих будівель національна методика [1] одним з варіантів пропонує спрощену оцінки впливу теплопровідних включень з використанням коригуючої поправки ΔU_{tb} до коефіцієнта теплопередачі по основному полю. Також стандарт [2] надає змогу більш точно врахувати теплопровідні включення шляхом використання великої кількості типових вузлів термічно неоднорідних огороджувальних конструкцій та значення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопровідних включень, що значно підвищує точність розрахунку приведеного опору теплопередачі огороджувальної конструкції.

Об’єктом енергетичного моделювання є будівля середньої загальноосвітньої школи м. Києва, яка побудована за типовим проектом. Система опалення та гарячого водопостачання є централізованими. Загальна площа будівлі становить 7386,8 м², а загальний об’єм становить 23399,7 м^3. Висота поверху становить 3,0 м. Зовнішні стіни виконані з порожнистої керамічної цегли на цементно-піщаному розчині, та є неутеплені. Частина вікон металопластикові, інша – дерев’яні. Наявні також скляні блоки. Перекриття залізобетонні. В неопалювальному горищі перекриття утеплено шаром керамзиту. Суміщене перекриття - без теплової ізоляції. В роботі було розглянуто декілька сценаріїв аналізу рівня енергопотреби. Базовий (без ТВ) сценарій характеризує існуючий стан теплової оболонки без врахування теплопровідних включень та внутрішні умови комфортності налаштовані відповідно до чинних вимог. Запропонований (без ТВ) сценарій демонструє рівень енергопотреби з опором огороджувальних конструкцій відповідно до чинних вимог [3], без врахування теплопровідних включень та з використанням системи рекуперації теплоти у системі механічної вентиляції будівлі. Запропонований (ΔU_{tb}) сценарій з врахуванням поправочного коефіцієнта для опору теплопередачі зовнішніх стін відповідно до [1]. Запропонований (Ψ- та χ- коефіцієнти) з лінійними та точковими теплопровідними включеннями відповідно до [2]. Запропонований з лінійними та

точковими теплопровідними включеннями в зовнішніх стінах та з врахуванням деталізованого моделювання віконних конструкцій з врахуванням впливу рами на показники склопакету (Ψ- та χ- коефіцієнти і деталізоване вікно). Порівняння отриманих результатів наведено на Рис. 1.

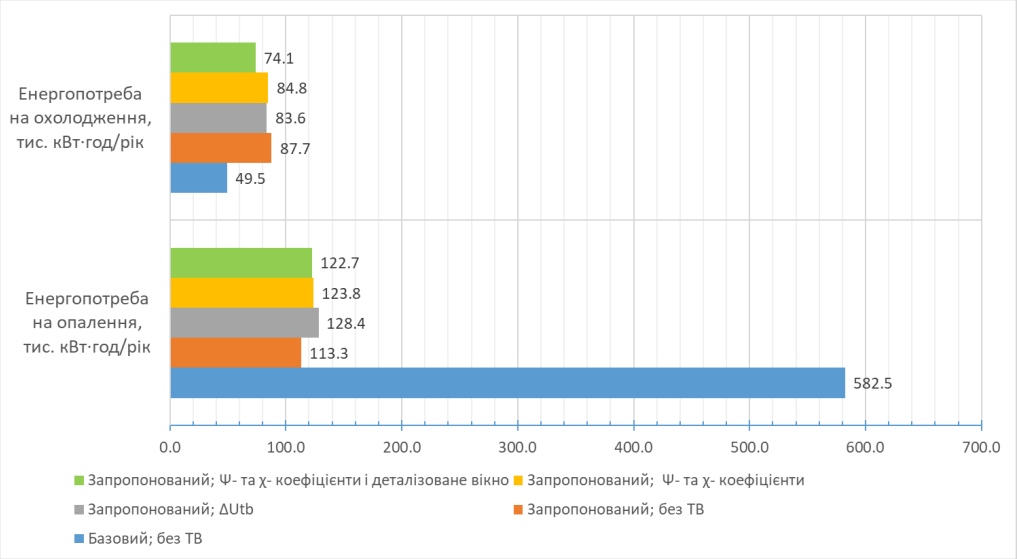


Рисунок 1. Енергопотреба на опалення та охолодження.

Висновки. З отриманих результатів видно, що вплив теплопровідних включень на рівень річної енергопотреби є значним фактором, який не варто ігнорувати при визначенні показників енергетичної ефективності будівель. Так, різниця в енергопотребі на опалення між запропонованим сценарієм без врахування теплопровідних включень та з включеннями становить від 8,2% до 13,3%. Використання спрощеного методу з використанням попровочного коефіцієнту ΔU_{tb} завищує енергетичні показники будівлі у порівнянні з більш детальними методами врахування теплопровідних включень. Також видно, що різниця річної енергопотреби на опалення та охолодження мінімальна для сценаріїв, коли теплотехнічні характеристики світлопрозорих огороджувальних конструкцій задаються для загальної системи та при більш детальному моделюванні окремо склопакету, а окремо рами.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. На заміну ДСТУ Б А.2.2-12:2015 ; чинний від 2023-03-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 199 с.
2. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. На заміну ДСТУ Б В.2.5-189:2013 ; чинний від 2023-03-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 199 с.
3. ДБН В.2.6–31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. На заміну ДБН В.2.6–31:2016; чинний від 2022-09-01. Вид. офіц. Київ: Держ. підприємство “Укрархбудінформ“, 2021. 23 с.

References

1. DSTU 9190:2022. (2022). "Energy Efficiency of Buildings. Calculation Method of Energy Consumption for Heating, Cooling, Ventilation, Lighting, and Hot Water Supply." Kyiv, Ukraine: State Enterprise "UkrNDNC"[in Ukrainian].
2. DSTU 9191:2022. (2022). " Thermal insulation of buildings. The method of choosing heat-insulating material for building insulation." Kyiv, Ukraine: State Enterprise "UkrNDNC"[in Ukrainian].
3. DBN V.2.6–31:2021. (2021). "Thermal Insulation and Energy Efficiency of Buildings." Kyiv, Ukraine: State Enterprise "Ukrarhbudinform"[in Ukrainian].

УДК 620.91

Харченко Р.Ф., аспірант,
науковий керівник: д.т.н., професор **О.О**.**Вовк**
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

ЧИСЛЕННЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИБУХУ В МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ З ВИКОРИСТАННЯМ ANSYS EXPLICIT STR ТА ANSYS AUTODYN

Вступ. У сучасному світі питання безпеки та захисту від наслідків вибухів в міському середовищі набувають надзвичайної важливості. Надзвичайні ситуації, пов'язані з вибухами, можуть мати серйозні наслідки для людей, будівель, транспорту та інфраструктури в цілому. Щоб розуміти та прогнозувати ці наслідки, використання сучасних програмних засобів для чисельного моделювання вибухів, таких як ANSYS Explicit STR та ANSYS AUTODYN, стає надзвичайно важливим. Ці тези присвячені дослідженню можливостей та практичних застосувань чисельного моделювання вибуху в міському середовищі з використанням вищезгаданих програмних засобів.

Мета і задачі дослідження. Метою даного дослідження є аналіз та оцінка можливостей чисельного моделювання вибуху в міському середовищі з використанням ANSYS Explicit STR та ANSYS AUTODYN.

Основні завдання дослідження включають:

- Дослідження можливостей та обмежень програмних засобів ANSYS Explicit STR та ANSYS AUTODYN для моделювання вибуху в міському середовищі.

- Аналіз результатів чисельного моделювання з метою виявлення впливу вибуху на міську інфраструктуру та оцінки можливих наслідків.

-В изначення практичних застосувань отриманих результатів для розробки заходів безпеки та захисту міського середовища від вибухових подій.

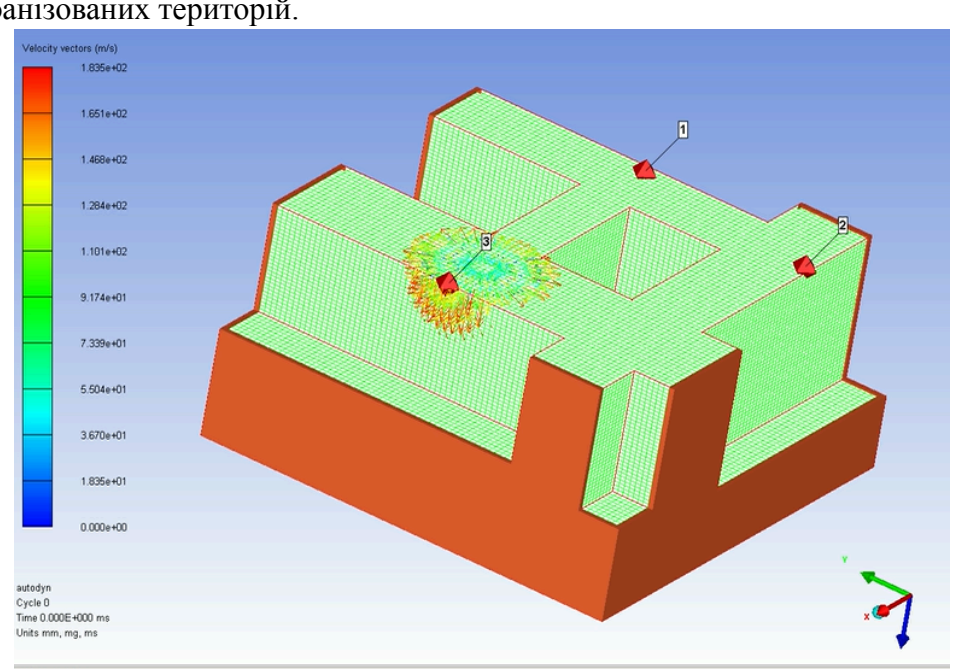
Матеріали та результати дослідження. Розрахунок передбачався за допомогою моделювання та аналізу отриманих результатів. У першу чергу, було виконано детальний аналіз міської інфраструктури, включаючи будівлі, дорогу та інші об'єкти, які могли бути піддані впливу вибуху. Наступним кроком було визначення параметрів вибухових матеріалів та їх розташування для створення точної моделі.

Отримані результати досліджень показують, що застосування чисельного моделювання за допомогою ANSYS AUTODYN дозволяє з високою точністю прогнозувати вплив вибухових хвиль на міські структури. Ці методи ефективно моделюють складні взаємодії між вибуховими хвилями та міським середовищем, надаючи цінну інформацію для розробки заходів безпеки та проєктування міських структур. Результати дослідження дозволяють зрозуміти глибину впливу вибухових подій, що є критичним для подальшого вдосконалення систем безпеки.

В цьому дослідження застосовуються передові методи чисельного моделювання для аналізу взаємодії вибухових хвиль з міськими структурами, що дозволяє з високою точністю визначити потенційні ризики та впливи. Використання комплексного підходу, що включає як 2D, так і 3D моделювання, розширює розуміння динаміки вибухових процесів та їх впливу на урбанізовані території. Це дослідження є кроком вперед у розвитку науки безпеки та може бути використано для подальших досліджень у цій області.

Щодо практичного значення, отримані дані можуть бути використані для розробки заходів по захисту споруд урбопростору від можливих вибухових подій. Такі заходи включають в себе проєктування стійких до вибухів конструкцій, оптимізацію міських планів з урахуванням потенційних ризиків, вдосконалення систем евакуації та підвищення безпечності для цивільного населення в густонаселених місцях. Ці заходи можуть

допомогти запобігти негативним наслідкам вибухових подій та забезпечити безпеку та захист урбанізованих територій.



Висновки. В результаті проведеного моделювання були отримані значення тисків і температури на контрольні точки 1, 2 та 3. Завдяки значенням тиску від вибухової хвилі на будівельні конструкції ми можемо оцінити можливі пошкодження та деформації. Отримані результати становлять важливу інформацію для подальшого дослідження та розробки стратегій безпеки у відповідних областях.

Кінцевий аналіз даних дозволяє зробити наступні висновки та пропозиції:

1. Вибух в міському середовищі є складною та небезпечною подією, і результати дослідження підтверджують необхідність ретельного вивчення та планування заходів для зменшення ризику та наслідків подібних подій.

2. Розглядаючи результати, можливо, слід розглянути можливість встановлення захисних бар'єрів, розробки та впровадження ефективних евакуаційних планів та планування міських об'єктів з урахуванням можливих вибухів.

3. Дані дослідження є цінним джерелом інформації для науковців і владних органів, що працюють у сфері безпеки, і можуть використовуватися для подальших досліджень та розробки стратегій зменшення ризику вибухів у міському середовищі.

Це дослідження відкриває нові можливості для розуміння та запобігання подібним подіям у міському середовищі та сприяє покращенню безпеки населення.

Список використаних джерел

1. Rufolo, P.; Muraro, D.; Lorini, V. *Social Media Image Analysis in the Immediate Aftermath of the 2020 Beirut Blast*; Technical Report JRC124081; Joint Research Centre, Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2021[Google Scholar]

2. Norville, H.S.; Harvill, N.; Conrath, E.J.; Shariat, S.; Mallonee, S. Glass-related injuries in Oklahoma City bombing. *J. Perform. Constr. Facil.* **1999**, *13*, 50–56. [Google Scholar]

3. ISIS Bombing of Cathedral in Philippines Shows Group's Reach Into Asia ,H Beech, J Gutierrez - 2019 - academia.edu [Google Scholar]

4. Majeed G. Sectarianism in Pakistan: A Statistical Analysis of Problems of Shia Hazara Community of Quetta //Journal of Business and Social Review in Emerging Economies. – 2020. – Т. 6. – №. 4. – С. 1611-1620.[Google Scholar]

5. Network A. A., Ali O., Gharanai K. Hit from Many Sides (2): The demise of ISKP in Kunar. – 2021. [Google Scholar]

6. Dijkstra H. et al. War in Ukraine //Contemporary Security Policy. – 2022. – Т. 43. – №. 3. – С. 464-465. [MDPI]

УДК 624.012.4:693.546

Татарин А.О., студент,
науковий керівник: к.т.н., доцент **В.В.Вапнічна**
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

3D-ТЕХНОЛОГІЇ У БУДІВНИЦТВІ

Вступ. Прогноз вчених про розвиток демографічної ситуації в найближчі 20 років вказує на бурхливе зростання населення планети. Це може стати серйозним випробуванням для урядів багатьох країн в забезпеченні комфортних умов життя, особливо житлом. За даними ООН, до 2030 року близько 4 млрд. осіб з малозабезпечених верств населення будуть мати гостру потребу в житлі. Найбільш вірогідним шляхом вирішення наростаючої проблеми – стверджують фахівці – стане застосування 3D технологій у будівництві, таких як будівельні принтери.

Мета і завдання досліджень. Дослідити можливості та переваги використання 3D технологій у будівництві з метою вирішення наростаючої проблеми дефіциту житла в умовах бурхливого зростання населення планети. Щоб виконати поставлену мету, необхідно розглянути такі завдання для дослідження:

- провести аналіз сучасного стану 3D технологій у будівництві та їхніх можливостей для масштабного виробництва житла;
- вивчити позитивний вплив застосування 3D технологій на вартість будівництва, швидкість зведення та якість житлових об'єктів;
- дослідити можливості використання 3D технологій для будівництва доступного та екологічного житла для малозабезпечених верств населення;
- оцінити перспективи та виклики, пов'язані із впровадженням 3D технологій у будівництві на рівні країни та міжнародному рівні.

Матеріал і результати досліджень. Одна з основних переваг 3D-друку в будівництві — його швидкість та ефективність. Традиційні методи будівництва можуть потребувати значну кількість часу та ресурсів, але завдяки 3D-друку цей процес значно прискорюється. За допомогою спеціальних 3D-принтерів можна швидко виготовляти будівельні елементи, які відповідають точним параметрам та вимогам проєкту.

Застосування 3D-друку також започатковує можливості для зниження вартості будівництва. Використовуючи та удосконалюючи цю технологію можна економити на матеріалах, зокрема шляхом утилізації відходів та використання відновлюваних ресурсів. Крім того, є потенціал для зменшення витрат на оплату праці, оскільки багато процесів може бути автоматизовано, а роботи, які раніше виконувалися вручну, здійснюватимуться принтерами.

Найважливішою перевагою використання 3D-друку в будівництві є гнучкість та можливість створювати складні архітектурні форми й дизайн. Завдяки цій технології, будівлі можуть набувати неповторних форм із застосуванням структур, які раніше було складно або навіть неможливо реалізувати. Окрім цього, використовуючи нову технологію, з’являється можливість для архітекторів створювати нестандартну нерухомість, яка відповідатиме індивідуальним потребам замовників та втілюватиме найсміливіші творчі ідеї у реальність.

В Україні вже розпочали перший проєкт будівництва за допомогою технології 3D-принтера. У Львові стартувало будівництво навчального закладу — корпус для першокласників школи № 23. Те, що вже побудовано, було надруковано всього за 48 годин і ця фаза будівництва буде завершена протягом двох тижнів.

Використовуючи такі технології як 3D-друк, досягається висока якість та точність при виготовленні будівельних елементів. Це забезпечує стійкість та надійність будівель, підвищується рівень енергоефективності та оптимального використання ресурсів.

Створюються більш ефективні системи утеплення, вентиляції та освітлення, що сприяє збереженню енергії та зниженню екологічного впливу будівлі на навколишнє середовище.



Рисунок 1 – процес будівництва школи за новою технологією 3D принтера

Один з перспективних напрямків використання передових технологій у будівництві — створення житлових просторів у важкодоступних або аварійних зонах. 3D-друк дозволяє застосувати транспортабельні конструктивні системи, які можуть бути використані для розміщення людей у кризових ситуаціях, наприклад, після природних катастроф або в умовах військових конфліктів.

Звичайно, для сфери будівництва це нові можливості у створенні сталого та екологічно чистого житлового простору. Однак, разом з усіма перевагами 3D-друку в будівництві, існують і виклики, які потрібно враховувати. Наприклад, потрібно розробляти стандарти та правила, які регулюватимуть використання такого процесу в будівництві, щоб забезпечити безпеку, якість та довговічність будівель. Також потрібно вирішувати питання сертифікації будівель і конструкцій, зведених за допомогою 3D-друку.

Ця інноваційна технологія дозволяє забудовникам створювати унікальні та ефективні будівлі, зменшувати вартість та вплив на довкілля, а також прискорювати будівельні процеси. Запровадження 3D-друку в будівництво вимагає співпраці між дослідниками, інженерами, архітекторами та забудовниками, що відкриває безліч можливостей та перспектив для сталого розвитку галузі.

Висновки. Прогноз розвитку демографічної ситуації вказує на потребу в ефективних стратегіях забезпечення житлом для мільярдів людей. Використання 3D технологій у будівництві виявляється перспективним рішенням. Дана технологія прискорює будівельні процеси, знижує вартість та забезпечує високу якість житла. Проте важливо вирішувати виклики, такі як розробка стандартів і сертифікація конструкцій. Тим не менш, ці технології відкривають шлях для сталого розвитку будівельної галузі та покращення умов життя.

Список використаних джерел

1. Використання 3D-друку в будівництві: можливості та перспективи. *Інтернет-видання «Полтавщина»*. URL: https://blog.poltava.to/atlant/16536/.

2. Застосування 3D-друку в будівництві: перспективи та можливості. *BUDUEMO*. URL: https://buduemo.com/ua/news/ecomaterials_technologies/3d-printing-in-construction.html

3. Будівництво за три тижні: у Львові школу друкують на 3D-принтері. URL: https://www.youtube.com/watch?v=_TOPPWlR7d4&ab_channel=RFI%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D1%8E

UDC 622.2

Horiev O.V., postgraduate,
scientific supervisors: Dr.Sc., Prof. **K.K.Tkachuk**, Dr.Sc., Prof. **O.Y.Tverda**
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

IMPROVEMENT OF DOWNHOLE CHARGE DESIGN FOR EXPLOSIVE ROCK DESTRUCTION

Introduction. The impact of mass explosions on the environment, especially in terms of dust and gas emissions, represents a significant environmental challenge within the mining and construction industries. Traditional methods of blasting have been scrutinized for their environmental impact, leading to the necessity for improved technologies and methodologies that minimize adverse effects on the surrounding ecosystem.

Goal, Object, and Subject of Research. The goal of the research is to improve the design of the borehole charge through the application of a backfill with increased inertness and gas-absorbing properties. The object of the research is the process of blasting rock in quarries. The subject is the increase in the efficiency of the explosion and the reduction in the volume of harmful gases through the use of specialized backfill.

Relevance of the Work. This study becomes highly relevant in the context of increasing demands for the environmental friendliness and efficiency of mining technologies. The development of a new type of backfill with gas-absorbing properties can significantly reduce the negative impact of blasting operations on the environment while ensuring a high level of rock fragmentation efficiency.

Materials and Results of the Research. The analysis of scientific literature and previous studies revealed the potential for improving the designs of borehole charges using backfills of increased inertness. The review of existing solutions indicated possibilities for optimizing the efficiency of blasting operations and reducing the emission of harmful gases. The table below present a synthesis of information from scientific sources, which forms the basis for the development of a new borehole charge design.

Table 1. Literature review

Author/Source	Technology/Methodology	Main Achievements	Limitations or Disadvantages
Efremov E.I., Nikiforova V.A., Chebenko Y.N.	Reducing the diameter of the charge, air and inert spacers between charge columns	Reduced dust formation, improved containment of detonation products	Inadequate solution to the problem of harmful gas emissions
Humenik I.L., Sobolev V.V., Strelets O.P., Chebenko V.M.	Combined borehole charges with bottom initiation	Improved intensity of rock mass fragmentation	-
Gaponenko I.A.	Charge with an air cavity	Reduced specific consumption of explosives	-
Vorobiev V.V., Vorobieva L.D., Lotous K.V.	Use of air gaps in charges	Reduced dust formation by 25-30%	-

Continuation of Table 1

Author/Source	Technology/Methodology	Main Achievements	Limitations or Disadvantages
Kurinnoy V.P.	Theoretical study of gas-dynamic processes	-	Unsubstantiated increase in the volume of the regulated crushing zone
Berezhetsky A. Ya., Vovk O. A.	Use of air radial gaps and water padding	Increasing the efficiency of explosion energy, partial neutralization of toxic gases	-
Gurin A. O., Yermak L. D., Teteria O. Yu.	Various backfill designs	Reducing dust emissions, neutralizing harmful gases	High labor intensity and cost, insufficient impact on fractional composition
Zdravka Mollova	Use of cumulative funnels in charge design to increase detonation velocity	Significant increase in detonation velocity, better material fragmentation, 14% reduction in explosives used	Research limited to the use of low sensitivity explosives; requires further testing in different conditions
Gurin A. A., Gurin Y. A., Krivenko Y. Y., Krivenko A. Y.	Use of drilling slurry as a backfill improving backfill quality and fragmentation efficiency	Improved quality of rock mass fragmentation, reduced costs for secondary fragmentation	Requires additional equipment for mixing drilling slurry with water and transporting to the borehole
Gaponenko A.L.	Unique borehole charge design with optimized placement of additional charges and backfill methodology	Improved rock fragmentation process, reduced environmental impact and increased safety of blasting operations	Requires further research for adaptation and optimization under different mining and geological conditions

Conclusions. The research results highlight the importance of innovations in the field of blasting operations, particularly the application of new types of backfills that provide enhanced rock fragmentation efficiency while simultaneously reducing environmental impact. Further research and experimental tests could facilitate the implementation of these developments in the mining industry's practice.

References

1. E. I. Efremov, V. A. Nikiforova, and Y. N. Chebenko, "Влияние диаметра скважины на площадь контакта взрывчатого вещества с разрушаемой породой и на выход мелких фракций," в Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва, vol. 2, no. 10, 2012, pp. 9-15.

2. I. L. Humenik, V. V. Sobolev, O. P. Strelets, and V. M. Chebenko, "Вибір та обгрунтування параметрів свердловинного заряду залежно від інтенсивності подрібнення скельного масиву вибухом," в Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва, vol. 2, no. 6, 2010, pp. 9-16.

3. I. A. Gaponenko, "Эффективные способы подготовки скважин к заряжанию и новая конструкция заряда взрывчатых веществ," в Сталий розвиток промисловості та суспільства, Кривий Ріг, 2013, pp. 48-49.

4. V. V. Vorobiev, L. D. Vorobieva, and K. V. Lotos, " Промислова оцінка ефективності використання кумулятивних замикаючих пристроїв у подовжених зарядах" в Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва, vol. 2, no. 16, 2015, pp. 65-71.

5. V. P. Kurinnoy, "Исследование газодинамических процессов протекающих в зарядной полости при детонации зарядов взрывчатых веществ различных конструкций," в Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва, vol. 2, no. 2, 2008, pp. 59-63.

6. A. Ya. Berezhetsky, and O. A. Vovk, "Применение пропарочных растворов для снижения пылегазовых выбросов при массовых взрывах," в Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво», no. 11, 2004, pp. 72-78.

7. A. O. Gurin, L. D. Yermak, and O. Yu. Teterya, "Аналітичні дослідження впливу допоміжних матеріалів забійок вибухових речовин у свердловинах на зміну параметрів хімічних реакцій вибуху та склад продуктів вибуху," в Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу, no. 10, 2008, pp. 196-200.

8. Z. Mollova, "Effect of Cumulation on Detonation Velocity of Low Sensitivity Explosives," Mining Science, vol. 30, 2023.

9. A. O. Gurin et al., "Спосіб формування свердловинного заряду," Криворізький Національний Університет, Patent 27.09.2023, Bul. No. 39.

10. A. L. Gaponenko, "Свердловинний заряд," Patent 30.08.2023, Bul. No. 35.