

3. Alireza A., Hossein H. An improved centralized/decentralized accurate reactive power sharing method in AC microgrids // International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2023. vol. 148. 108908. DOI: 10.1016/j.ijepes.2022.108908.
4. Осадчук Ю. Г., Учитель А. Д., Жуков С. А. та ін. Підвищення енергетичної ефективності потужних електроприводів турбомеханізмів гірничо-металургійних комплексів. Монографія. – Кривий Ріг: Редакційно-видавничий центр ГВУЗ “КНУ”, 2018. – 345 с. ISBN 978-966-132-050-4.
5. ДСТУ EN 62264-1:2019. Інтегрування систем керування підприємством та виробництвом. Частина 1. Моделі та термінологія. [Чинний від 2019-09-01]. Вид. офіц. Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2019. 77 с.
6. Mohammed B., Samer S., Yuting T., Joydeep M. Reactive power compensation for reliability improvement of power systems. 2016 DOI: 10.1109/TDC.2016.7519910.

References

1. Salim Adolfo G. Y., Vladimir S. S., Kelly B. S., John E. Candelo-Becerra, Jorge de la Cruz Comparison of Reactive Power Compensation Methods in an Industrial Electrical System with Power Quality Problems // Electricity, 2024. vol. 5, issue 3. pp. 642–661. DOI: 10.3390/electricity5030032.
2. Lionginas L. The methods of reactive power compensation in the 25kV, 50Hz contact network // Transport Problems, 2018. vol. 13, issue 5. pp. 59–68. DOI: 10.21307/tp.2018.13.1.6.
3. Alireza A., Hossein H. An improved centralized/decentralized accurate reactive power sharing method in AC microgrids // International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2023. vol. 148. 108908. DOI: 10.1016/j.ijepes.2022.108908.
4. Osadchuk Y. G., Uchitel A. D., Zhukov S. A. et al. Increasing the energy efficiency of powerful electric drives of turbomechanisms of mining and metallurgical complexes. Monograph. – Kryvyi Rih: Editorial and Publishing Center of the State University of Mining and Metallurgy “KNU”, 2018. – 345 p. ISBN 978-966-132-050-4. (Ukr).
5. DSTU EN 62264-1:2019. Integration of enterprise and production management systems. Part 1. Models and terminology. [Valid from 2019-09-01]. Official edition. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNC", 2019. 77 p. (Ukr).
6. Mohammed B., Samer S., Yuting T., Joydeep M. Reactive power compensation for reliability improvement of power systems. 2016 DOI: 10.1109/TDC.2016.7519910.

УДК 621.317.318

Довгий С. С., аспірант, ORCID 0009-0003-9428-7240,
науковий керівник: канд. техн. наук, доцент **О. В. Коцар**,
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ МСП ЧЕРЕЗ БЕНЧМАРКІНГ

IMPROVING THE CREDIBILITY OF SME ENERGY MONITORING VIA BENCHMARKING

***Анотація.** Переважна більшість МСП беруть участь у програмах підвищення рівня енергетичної ефективності задля посилення конкурентоспроможності на ринку в першу чергу за рахунок розширення виробничих потужностей, а не підвищення*

енергоефективності існуючого обладнання через зменшення невиробничих втрат. Тому ці програми майже не впливають на реальну декарбонізацію і досягнення МСП цільового показника щорічного скорочення споживання енергії. Задля подолання прогалин в статті досліджено доцільність та необхідну періодичність енергомоніторингу, а також розглянуто шляхи підвищення його достовірності. Бібл. 11, рис. 1, табл. 2.

Ключові слова: бенчмаркінг, декарбонізація, електроенергія, енергетична ефективність, енергетичний менеджмент, енергоаудит, енергомоніторинг, МСП.

Abstract. The vast majority of SMEs participate in energy efficiency programmes to improve their competitiveness in the market, primarily by expanding production capacity, rather than by improving the energy efficiency of existing equipment by reducing non-productive losses. Therefore, these programmes have little or no impact on the actual decarbonisation and the achievement of SMEs target annual energy consumption reduction. To address these gaps, the article examines the feasibility and required frequency of energy monitoring and considers ways to improve its credibility. Ref. 11, Fig. 1, Tabl. 2.

Keywords: benchmarking, decarbonisation, electricity, energy efficiency, energy management, energy audit, energy monitoring, SMEs.

Вступ. Задля забезпечення сталого підвищення енергоефективності кінцевого споживання енергії в статті 9 Закону України “Про енергетичну ефективність” [1] встановлено цільовий показник щорічного скорочення споживання енергії на рівні не менше ніж 0,8 відсотки сукупного річного обсягу постачання енергії споживачам. Досягнення такого показника передбачається шляхом вжиття організаційно-економічних та правових заходів із стимулювання енергоефективності, а також завдяки діяльності відповідних фондів.

Окрім цього, з метою підтримки ініціатив щодо енергоефективності, проведення енергетичних аудитів і підтримки здійснення енергоефективних заходів суб’єктами малого та середнього підприємництва (МСП) Закон [1] передбачає впровадження цільових економічних програм енергоефективності. На сьогодні суттєва частина таких програм реалізується за кошти міжнародних донорів. При цьому до МСП висуваються певні вимоги для участі. Так, серед іншого, енергоефективні заходи, що реалізуються в рамках зазначених програм, мають призвести до певного зменшення енергоспоживання або скорочення викидів парникових газів відносно базового рівня. Необхідний обсяг скорочення енергоспоживання або викидів може різнитися залежно від конкретної програми, проте зазвичай складає щонайменше 20 %.

Оскільки в МСП організаційні енергозберігаючі заходи як і впровадження системи енергетичного менеджменту (СЕНМ) призводять здебільшого до економії, меншої за необхідні 20 %, подібні програми спрямовані на фінансування виключно інвестиційних енергоефективних заходів, пов’язаних в першу чергу з придбанням основних засобів.

З метою аналізу результатів діяльності міжнародних програм енергоефективності розглянуто одну з найбільш дієвих і популярних ініціатив для МСП – “EU4Business” [2]. В рамках цієї ініціативи в Україні з 2018 року функціонує низка програм,

створених Європейським банком реконструкції та розвитку (ЄБРР) у співпраці з Європейським Союзом (ЄС) з метою сприяння фінансуванню інвестицій у МСП для підтримки сталих інвестицій у технології, що відповідають найкращим стандартам у сфері якості продукції, охорони здоров'я та безпеки праці, захисту навколишнього середовища, а також сприяння використанню “зелених” технологій.

Наразі до реалізації цих програм доєдналися 11 найбільших українських банків, які забезпечили фінансування понад 3000 енергоефективних заходів на загальну суму, що перевищує еквівалент 310 млн Євро.

В річних звітах зазначених програм енергоефективності МСП для опису позитивного ефекту на довкілля використовуються терміни “*Energy use avoided*” та “*Greenhouse gas emissions avoided*”, котрі означають уникнення певної кількості спожитої енергії або викидів парникових газів. Ці терміни є надто широко трактованими і охоплюють як реальне зменшення енергоспоживання/викидів при прямій заміні існуючого обладнання на нове, з виводом старого з експлуатації, так і недопущення зайвого збільшення енергоспоживання/викидів при придбанні нового обладнання, яке є енергоефективнішим за аналоги.

Аналіз портфелів цих програм показує, що переважна більшість реалізованих енергоефективних заходів (понад 90 %) пов'язана не з заміною існуючого обладнання підприємств на енергоефективніше, а з придбанням нового. Ба більше, вимоги до виводу з експлуатації або утилізації старого обладнання в цих програмах відсутні.

При цьому зменшення енергоспоживання або скорочення викидів парникових газів під час впровадження таких заходів обґрунтовується тим, що профінансоване нове обладнання щонайменш на 20 % є енергоефективнішим за аналогічне, представлене на українському ринку. Або ж робиться порівняння з базовою лінією по галузі, тобто з найбільш розповсюдженими моделями старого зразка.

Іншими словами, вибір нового обладнання для МСП звужується до найбільш енергоефективних моделей нового обладнання. Однак, при такому сценарії, енергоспоживання МСП в абсолютних показниках неодмінно збільшується, а позитивний ефект полягає у недопущенні понаднормових втрат енергії, тобто задекларована економія виявляється “віртуальною”.

Таким чином, МСП приймають участь у програмах енергоефективності ЄБРР та ЄС з метою максимізації прибутку, а не мінімізації витрат [3]. Тому ці програми майже не впливають на реальну декарбонізацію [4] і досягнення МСП цільового показника щорічного скорочення споживання енергії відповідно до статті 9 Закону [1].

Метою досліджень є оцінка доцільності та необхідної періодичності індивідуального контролю енергоспоживання (енергомоніторингу) МСП, а також пошук шляхів підвищення його достовірності задля скорочення витрат на оплату енергоресурсів і реального зменшення викидів парникових газів.

Для досягнення поставленої мети проведено енергоаудити двох схожих за форматом супермаркетів, розташованих у київських в торговельних центрах (ТЦ), виконано порівняльний аналіз їх споживання електроенергії і проведено бенчмаркінг їх енергетичної ефективності [5].

Матеріал і результати досліджень. Питання організації бенчмаркінгу енергоефективності досліджувало багато науковців, зокрема, КПІ ім. Ігоря Сікорського: В. П. Розен, Б. Л. Тишевич [6, 7] та ін.

В якості об'єктів досліджень було обрано два супермаркети, які орендують частину площ ТЦ в розмірі 9991 м² і 8708 м² та працюють кожен день з 08:00 по 23:00. За результатами натурних обстежень було встановлено, що енергоспоживальне обладнання в обох супермаркетах майже ідентичне і використовується в схожих режимах. Загальна кількість струмоприймачів в супермаркеті 1 складає 2981 одиниць, а в супермаркеті 2 – 2920 одиниць.

Враховуючи різницю в площах супермаркетів, порівняння споживання електроенергії проведено не в абсолютних, а в питомих величинах (приведених до 1 м² займаної площі) за формулою:

$$\Delta_{\text{нм}} = \frac{\left| \frac{\Sigma W_1}{S_1} - \frac{\Sigma W_2}{S_2} \right|}{\frac{\Sigma W_2}{S_2}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де ΣW – річне споживання активної електроенергії, кВт·год/рік; S – площа, м².

Таким чином визначено, що споживання електроенергії супермаркетом 1 по відомостям, наданим ТЦ, перевищує споживання електроенергії супермаркетом 2 на 55%. Ця розбіжність є надзвичайно великою, навіть враховуючи незначну різницю в обладнанні супермаркетів і режимів його використання. Для більшої наочності на рис. 1 наведено порівняння питомого місячного споживання електроенергії супермаркетів в межах одного календарного року.

Для визначення розрахункового споживання електроенергії кожного супермаркету виконано паспортизацію електроспоживального обладнання з зазначенням встановленої потужності, графіку роботи та режиму використання і проведено відповідні розрахунки [8] за формулою:

$$W_{\text{розрах}} = P_{\text{вст}} \cdot T_{\text{м}} \cdot K_{\text{вик}}, \quad (2)$$

де $P_{\text{вст}}$ – встановлена (паспортна, номінальна) електрична потужність обладнання, кВт;
 $T_{\text{м}}$ – час роботи обладнання протягом розрахункового місяця, год/місяць; $K_{\text{вик}}$ – коефіцієнт використання встановленої електричної потужності, прийнятий за нормативами для конкретного обладнання або розрахований як

відношення середньої активної потужності обладнання до його номінального значення.

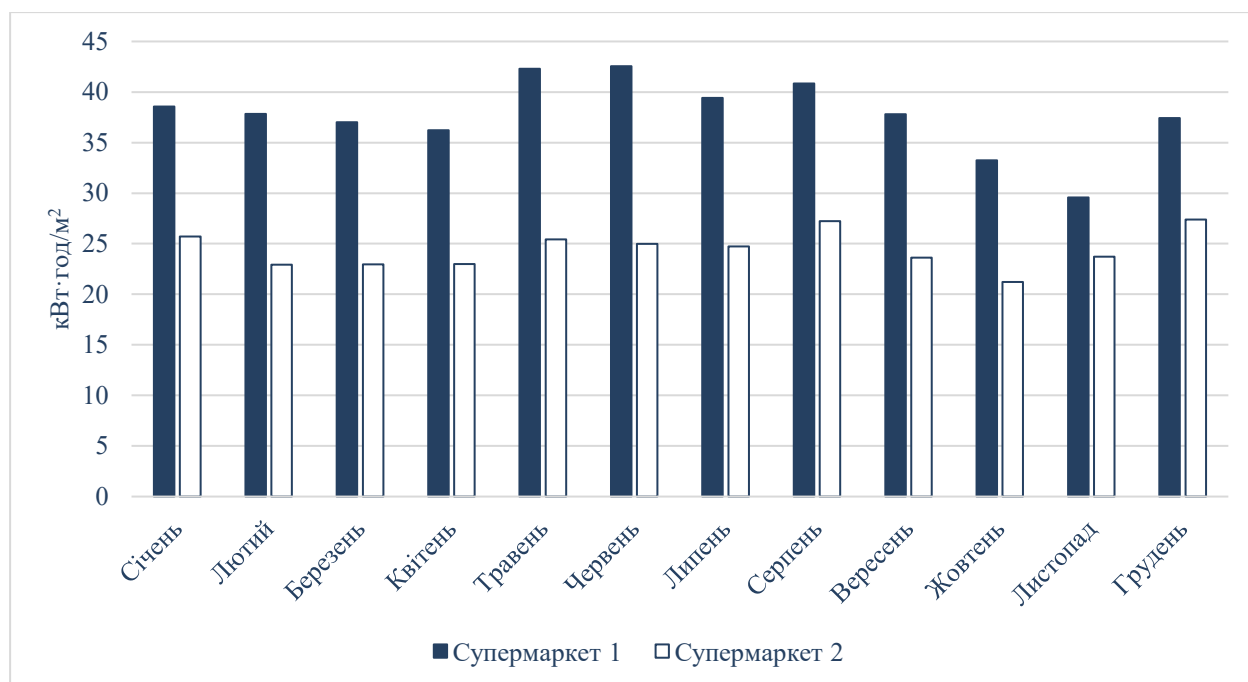


Рисунок 1. Питоме місячне споживання електроенергії супермаркетами

Окрім цього, виконано диференційовані вимірювання споживаної електричної потужності за розподільними щитами (силовим, освітлення, вентиляції) й окремо за найбільш енергоємними споживачами (компресори холодильних і морозильних централей, печі, пароконвектомати, плити, розстосєчні шафи) та їх групам (рибний цех, м'ясний цех, кулінарія, пекарня) з урахуванням вимог [9]. Отримані таким чином дані наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Відхилення розрахункового від фактичного споживання електроенергії

Супермаркет	Площа, м ²	Споживання електроенергії, кВт·год/місяць		Відхилення, %
		Розрахункове	Фактичне за останні 3 місяці	
1	9991	233 515	378 628	27...62
			332 286	
			295 621	
2	8708	195 813	205 684	5...6
			184 689	
			206 562	

Відхилення розрахункового від фактичного місячного споживання електроенергії супермаркетів розраховано за формулою:

$$\Delta_{абс} = \frac{|W_{факт} - W_{розр}|}{W_{розр}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

де $W_{\text{факт}}$ і $W_{\text{розра}}$ – відповідно фактичне і розрахункове місячне споживання активної електроенергії, кВт·год/місяць.

Враховуючи значне відхилення розрахункового від фактичного споживання електроенергії зроблено припущення про некоректність обліку в супермаркеті 1. З метою підтвердження цієї гіпотези проведено детальний аналіз розрахунків за спожиту електроенергію.

В результаті встановлено, що обидва супермаркети не мають прямих договорів з електропостачальними компаніями, як і власних комерційних вузлів обліку. Замість цього облік організовано за рахунок технічних вузлів, влаштованих на електричних вводах: 36 у супермаркеті 1 та 13 у супермаркеті 2.

Наприкінці кожного місяця представники ТЦ і супермаркету утворюють спільні комісії і разом зчитують покази всіх лічильників, на підставі чого складається відомість місячного споживання електроенергії супермаркетом. За цими даними обліку та чинними тарифами виставляється рахунок за компенсацію спожитої супермаркетом електроенергії.

Аналіз архівних даних місячного споживання електроенергії окремо по кожному з лічильників технічного обліку упродовж двох минулих років не виявив аномалій: споживання або коливалось в межах 10 %, або чітко прослідковувалась кореляція з сезонністю.

Проблему виявлено лише після натурального обстеження всіх вузлів технічного обліку супермаркету 1. З'ясовано, що до споживання активної електроенергії додається споживання реактивної електроенергії по двом індукційним лічильникам. Це є неприпустимим, оскільки щомісячне споживання активної електроенергії виявляється завищеним на 50–80 тис. кВт·год від реального значення.

Більш того, в рахунках на компенсацію електроспоживання, які виставляє ТЦ, сума активної та реактивної електроенергії множиться на тариф активної електроенергії, який є набагато вищим за тариф реактивної енергії, що призвело до значних переplat протягом більш ніж двох років.

Усунувши виявлені таким чином невідповідності вдалося заощадити суттєву кількість грошових ресурсів і перерахувати фактичне питоме електроспоживання супермаркетом 1, яке знизилось з 37,7 до 27,7 кВт·год/м² на місяць. Незважаючи на це, перераховане значення питомого електроспоживання перевищувало аналогічний показник для супермаркету 2 на 14 %.

Для подальшого проведення внутрішніх бенчмаркінгових досліджень [5] виконано порівняння електроспоживання однотипних споживачів (та їх груп) обох супермаркетів (табл. 2). В результаті найбільші розбіжності виявлено по системах холодопостачання.

Таблиця 2. Розрахункове електроспоживання по групам однотипних споживачів

Група споживачів	Споживання електроенергії, кВт·год/місяць	
	Супермаркет 1	Супермаркет 2
Опалення, вентиляція і кондиціонування	36 543	39 874
Освітлення (штучне)	39 773	35 321
Офісне обладнання, оргтехніка	11 661	11 505
Технологічне обладнання	37 164	35 904
Холодильне обладнання	108 373	73 208
Разом	233 515	195 813

Дійсно, натурне обстеження супермаркету 1 показало підвищені втрати через суттєві пошкодження теплоізоляції фреонопроводів, обмерзання компресорів, а також роботу холодильної централі з неоптимальними параметрами температури випаровування і конденсації холодоагенту [10].

Запропоновано використати частину заощаджених коштів для впровадження заходів з підвищення енергоефективності системи холодопостачання супермаркету 1, які дозволять досягти показника питомого електроспоживання в розмірі 25,2 кВт·год/м² на місяць, що відрізняється від аналогічного показника супермаркету 2 лише на 3 %. При цьому заплановане зменшення споживання електроенергії становить 300 тис. кВт·год/рік, а скорочення викидів парникових газів – 126 т/рік.

У підсумку варто зазначити, що пошук перевитрат електроенергії на підприємстві було виконано несвоєчасно, зайняло багато часу і вимагало залучення сторонніх енергоаудиторів.

Висновки. Відсутність індивідуального контролю енергоспоживання (енергомоніторингу) на підприємствах може призвести до значних перевитрат, які важко піддаються контролю.

Окрім цього, в МСП гостро відчуються проблеми, пов'язані з недостатньою кількістю інженерного персоналу. Як результат, кількість часу, яку працівники можуть присвятити енергомоніторингу, замала для його якісного виконання, а отже і його періодичність зазвичай є незадовільною.

Більш того, простий аналіз енергоспоживання у порівнянні з попередніми періодами може вказати лише на випадкові відхилення. В той час, як для виявлення систематичних відхилень необхідно застосовувати бенчмаркінг (як внутрішній [11], так і зовнішній) або розраховувати і обґрунтовувати цільове енергоспоживання. Застосування таких методів здатне відчутно підвищити достовірність енергомоніторингу.

Збирання, аналіз та інтерпретація даних енергоспоживання в автоматичному режимі з достатньою періодичністю і застосуванням інструментів підвищення їх достовірності, а також розробка сценаріїв ухвалення та втілення управлінських рішень при відхиленні енергоспоживання за межі очікуваних рівнів, вирішить зазначені проблеми та призведе до мінімізації витрат і декарбонізації МСП.

Список використаних джерел

1. Закон України “Про енергетичну ефективність”. Редакція від 18.09.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20> (дата звернення 03.03.2025).
2. EU4Business: річний звіт 2024. URL: <https://eu4business.org.ua/reports/eu4business-annual-report-2024/> (дата звернення 03.03.2025).
3. Дерій В. Поняття і значення економічного контролю для мінімізації витрат та максимізації доходів підприємств / В. Дерій // Бухгалтерський облік і аудит. – 2011. – № 2. – С. 48–56. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/boau_2011_2_7 (дата звернення 03.03.2025).
4. Mazhar M. U., Domingues A. R., Bull R. and O’Boyle S., 2022. Small and medium-sized enterprises: hard to reach, data-poor but rich in creative potential as agents of change for decarbonisation. In: European Council for an Energy Efficient Economy (ECEEE) Summer Study proceedings. European Council for an Energy Efficient Economy, pp. 145–153. URL: <https://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/51521> (дата звернення 03.03.2025).
5. ДСТУ EN 16231:2017 Методологія бенчмаркінгу енергетичної ефективності (EN 16231:2012, IDT).
6. Розен В. П. Бенчмаркінг як засіб підвищення рівня енергоефективності промисловості України / В. П. Розен, Б. Л. Тишевич, В. Г. Городецький, П. В. Розен // Вісник Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. Серія : Гірництво. – 2012. – Вип. 22. – С. 166–171. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKPI_gir_2012_22_26 (дата звернення 03.03.2025).
7. Розен В. П. Методологія бенчмаркінгу енергоефективності для промисловості України / В. П. Розен, Б. Л. Тишевич, П. В. Розен // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2012. – № 6. – С. 9–19. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecee_2012_6_3 (дата звернення 03.03.2025).
8. Шестеренко В. Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств: підручник / В. Є. Шестеренко. – Вінниця: Нова Книга, 2004. – 656 с.
9. Правила улаштування електроустановок. Затверджено Наказом Міністерства енергетики України від 21.07.2017 № 476. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0476732-17#Text> (дата звернення 03.03.2025).
10. Yasmine Salehy, Hong-Minh Hoang, François Cluzel, Yann Leroy, Anthony Delahaye, et al. Energy performances assessment for sustainable design recommendations: Case study of a supermarket’s refrigeration system. 27th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, May 2020, Grenoble, France. pp. 328–333. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.01.102> (дата звернення 03.03.2025).
11. Дубодєлова А. В. Особливості та технологія внутрішнього бенчмаркінгу на підприємстві / А. В. Дубодєлова, О. В. Юринєць // Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2013. – № 2. – С. 64–73. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mimi_2013_2_7 (дата звернення 03.03.2025).

References

1. The Law of Ukraine “On Energy Efficiency”. Version of 18.09.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20> (accessed 03.03.2025). (Ukr).
2. EU4Business: Annual report 2024. URL: <https://eu4business.org.ua/reports/eu4business-annual-report-2024/> (accessed 03.03.2025). (Ukr).
3. Deriy, V. The concept and significance of economic control for minimising costs and maximising profits of enterprises / V. Deriy // Accounting and Audit. – No. 2. – pp. 48–56. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/boau_2011_2_7 (accessed 03.03.2025). (Ukr).
4. Mazhar M. U., Domingues A. R., Bull R. and O’Boyle S., 2022. Small and medium-sized enterprises: hard to reach, data-poor but rich in creative potential as agents of change for

decarbonisation. In: European Council for an Energy Efficient Economy (ECEEE) Summer Study proceedings. European Council for an Energy Efficient Economy, pp. 145–153. URL: <https://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/51521> (accessed 03.03.2025).

5. DSTU EN 16231:2017 Energy efficiency benchmarking methodology (EN 16231:2012, IDT). (Ukr).

6. Rosen V. P. Benchmarking as a means of increasing the level of energy efficiency of the Ukrainian industry / V. Rosen, B. Tyshevych, V. Gorodetskyi, P. Rosen // Bulletin of the National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”. Series: Mining. – 2012. – Issue 22. – pp. 166–171. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKPI_gir_2012_22_26 (accessed 03.03.2025). (Ukr).

7. Rosen V. P. Methodology of energy efficiency benchmarking for the industry of Ukraine / V. P. Rosen, B. L. Tyshevych, P. V. Rosen // Energy saving. Energy. Energy audit–2012. – No. 6. – pp. 9–19. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecee_2012_6_3 (accessed 03.03.2025). (Ukr).

8. Shesterenko, V. E. Systems of power consumption and power supply of industrial enterprises: textbook / V. E. Shesterenko – Vinnytsia: Nova Knyha, 2004. – 656 p.

9. Regulation for electrical installation. Approved by the Order of the Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine dated 21.07.2017 № 476. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0476732-17#Text> (accessed 03.03.2025). (Ukr).

10. Yasmine Salehy, Hong-Minh Hoang, François Cluzel, Yann Leroy, Anthony Delahaye, et al. Energy performances assessment for sustainable design recommendations: Case study of a supermarket’s refrigeration system. 27th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, May 2020, Grenoble, France. pp. 328–333. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.01.102> (accessed 03.03.2025).

11. Dubodelova, A. V. Features and technology of internal benchmarking at the enterprise / A. V. Dubodelova, O. V. Yurynets // Marketing and management of innovations. – 2013. – No. 2. – pp. 64–73. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mimi_2013_2_7 (accessed 03.03.2025). (Ukr).

УДК 621.313.8

Базаров О. О., аспірант, ORCID 0009-0008-8491-2678,
науковий керівник: канд. техн. наук, доцент **М. А. Коваленко**,
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

ПОРІВНЯННЯ ДВИГУНА З АКСІАЛЬНИМ МАГНІТНИМ ПОТОКОМ ТА ДВИГУНА ЦИЛІНДРИЧНОЇ КОНСТРУКЦІЇ З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

COMPARISON OF AXIAL MAGNETIC FLUX MOTOR AND CYLINDRICAL MOTOR WITH PERMANENT MAGNETS

***Анотація.** У статті проведено порівняльний аналіз електродвигунів з постійними магнітами з аксіальним і циліндричним магнітним потоком. Розглянуто основні конструктивні особливості, електромагнітні параметри, ефективність та області застосування кожного типу. Наведено результати математичного моделювання та експериментальних досліджень. Бібл. 4, рис. 2, табл. 1.*

***Ключові слова:** електродвигун, аксіальний магнітний потік, циліндрична конструкція, постійні магніти.*