

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



**XI Міжнародна науково-технічна конференція
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ:
стан та перспективи розвитку –
PEMS'2025**

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ КОНФЕРЕНЦІЇ

**ЛИСТОПАД 18-20, 2025
<http://pems.kpi.ua/>**

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

РОЗЕН Віктор, проф.

Голова наукового комітету
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

БАСОК Борис, член-кор. НАН України

Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна

БЕСАРАБ Олександр, доцент

Національний університет «Одеська політехніка»,
Україна

БОНДАРЕНКО Юрій, проф.

Науково-технічна спілка енергетиків та електротехніків
України

БОРИЧЕНКО Олена, доцент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

БОСИЙ Дмитро, проф.

Український державний університет науки і технологій,
Україна

БУРБЕЛО Михайло, проф.

Вінницький національний технічний університет,
Україна

БЯЛОБРЖЕСЬКИЙ Олексій, доцент

Кременчуцький національний університет імені
Михайла Остроградського, Україна

ВОВК Оксана, проф.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

ГОНСАЛЕС-ЛОНГАТТ Франсіско, проф.

Університет південно-східної Норвегії, Норвегія

ГУБІН Сергій, проф.

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

ДЕШКО Валерій, проф.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

ЖАРКІН Андрій, академік НАН України

Інститут електродинаміки НАН України, Україна

ЗАПОРОЖЕЦЬ Артур, ст. наук. співробітник

Інститут загальної енергетики НАН України

ЗАХАРЧЕНКО Віктор, проф.

Національний авіаційний університет, Україна

КАПЛУН Віктор, проф.

Національний університет біоресурсів і
природокористування України, Україна

КІОРСАК Михайло, проф.

Інститут енергетики АН Молдови, Молдова

КОШЕЛЕНКО Євгеній, доцент

Національний ТУ «Дніпровська політехніка», Україна

КОМАР Вячеслав, проф.

Вінницький національний технічний університет, Україна

КУДРЯ Степан, проф.

Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Україна

ЛАЗУРЕНКО Олександр, проф.

НТУ «Харківський політехнічний інститут», Україна

ЛЕЖНЮК Петро, проф.

Вінницький національний технічний університет, Україна

ЛІ Берит, проф.

Університет південно-східної Норвегії, Норвегія

НАХОДОВ Володимир, проф.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

ПАПАЙКА Юрій, проф.

Національний ТУ «Дніпровська політехніка», Україна

ПЛЄШКОВ Петро, проф.

Центрально український національний технічний
університет, Україна

ПОПОВ Володимир, проф.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

СЕГЕДА Михайло, проф.

Національний університет «Львівська політехніка»,
Україна

СІНЧУК Олег, проф.

Криворізький національний університет, Україна

СТРЖЕЛЕЦЬКІ Ришард, проф.

Гданський університет технологій, Польща

ЧЕРНЯВСЬКИЙ Анатолій, доцент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

ШРАМ Олександр, доцент

Національний університет «Запорізька політехніка»
Україна

ЩОКІН Вадим, проф.

Криворізький національний університет, Україна

ЗМІСТ

1.	<i>Карпенко А.В.,</i> МОНІТОРИНГ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МУНІЦИПАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ	8
2.	<i>Філатов В.І.,</i> ЩОДО НАПРЯМКУ ВІДНОВЛЕННЯ І ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	11
3.	<i>Білоус І. Ю., О.М. Шевченко, А.В. Гавриш,</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАНЬ УТЕПЛЕННЯ ІСТОРИЧНИХ БУДІВЕЛЬ	13
4.	<i>Лещенко П.М.,</i> МЕТОДИ КООРДИНОВАНОЇ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМАХ ІЗ РОЗПОДІЛЕНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ	15
5.	<i>Ніцак Я. М., Босак А.В.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВОК ЗАСОБАМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ З ЦИФРОВИМ ДВІЙНИКОМ	17
6.	<i>Калейніков Г.Є.</i> МОДЕЛЬ ІНТЕГРОВАНОЇ ПІДГОТОВКИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖЕРІВ	20
7.	<i>Довгий С.С., Коцар О.В.,</i> ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ В КОНТЕКСТІ ЧИННОГО ЗАКОНОДАВСТВА	22
8.	<i>Прищепя Я.О., Замулко А.І.</i> МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ АНКЕТИ ДЛЯ ОПИТУВАННЯ З ПИТАНЬ ОЦІНЮВАННЯ БЕЗПЕКИ ПОСТАЧАННЯ	25
9.	<i>KOSTENKO G.P., ZAPOROZHETS A.O.,</i> ENERGY MANAGEMENT STRATEGIES IN VIRTUAL POWER PLANTS WITH EV FLEET INTEGRATION	28
10.	<i>І.І. Богойко, А.І. Замулко,</i> НАУКОВІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ РОЗВИТКУ ЗАРЯДНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ В УКРАЇНІ	30
11.	<i>Кавун І.М., А.І. Замулко</i> ВИКОРИСТАННЯ RVM АНАЛІЗУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЦИФРОВІЗАЦІЇ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ	32
12.	<i>Босий Д. О., О. І. Саблін, І. Ю. Потапчук, А.В. Антонов,</i> МОНІТОРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТУ ТА НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ РІВНЯ БЕЗПЕКИ І ЗАХИЩЕНОСТІ	35
13.	<i>Наталич В.О., Ярмолюк О.С., Попов В.А.,</i> ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ SOFT OPEN POINTS (SOP) ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ДИНАМІЧНОГО КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ	37
14.	<i>Босак А.В.</i> ЕКОНОМІЧНИЙ ОГЛЯД ТА ПОТЕНЦІЙНА РОЛЬ ТЕХНОЛОГІЇ VEHICLE-TO LOAD (V2L) В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ УКРАЇНИ	40
15.	<i>Kostenko G.P.,</i> SYSTEM OF KEY PERFORMANCE INDICATORS FOR INTEGRATED EVALUATION OF SECOND-LIFE EV BATTERY DEPLOYMENT IN ENERGY SYSTEMS	42
16.	<i>Vitalii Khodakivskyi,</i> ASSESSING THE RESILIENCE OF LOCAL POWER SYSTEMS IN UKRAINE USING A COMBINED HEAT AND POWER APPROACH	44

17. Головка О.С., Ковтун С.І., ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РЕГУЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ.....	46
18. Мозилат М.Ю., Ткаченко В.В., Яценко Д.В., ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ГІБРИДНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ PVSYSY.....	49
19. Черкашин М., Нечасва Т.П, СИСТЕМИ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ (BESS) ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ МЕРЕЖІ 0,4 кВ.....	51
20. Trachuk A.R., Polyachenko I.O. Shevchenko A.P. SYSTEMS ANALYSIS TOOLS AND THEIR APPLICATION IN THE FIELD OF RENEWABLE ENERGY.....	56
21. Нєкрасов А.В., Калінчик В.П. КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ ШЛЯХОМ ІНТЕГРАЦІЇ АВТОМАТИЧНИХ ВИМИКАЧІВ 0,4 КВ В СИСТЕМУ АСКОВ.....	58
22. Козловський Є.В., А.В. Волошко, ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ДЖЕРЕЛА ПРОВАЛУ НАПРУГИ.....	60
23. Євсєєв Є.В., Черкашина Г.І. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЄКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ СЕС АКТИВНИХ СПОЖИВАЧІВ: ВІД СТАТУСУ ДО СКЛАДУ ПД.....	64
24. Мірошніченко А.М., Сулим М. Ю., Петрова К.Г. РЕГІОНАЛЬНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ КОМПЛЕКСИ УКРАЇНИ: ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....	67
25. Тимофєєва К.О., Петрова К.Г., ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ОБ’ЄКТІВ З УРАХУВАННЯМ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ.....	69
26. Моргунов А.Д., Петрова К.Г., ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	71
27. Дорошкевич В.О., Шовкалюк М.М., АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ОГОРОДЖЕНЬ ТА ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ АДМІНІСТРАТИВОЇ БУДІВЛІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЗГІДНО ДІЮЧИХ НОРМ.....	73
28. Топало О.В., Веремійчук Ю.А., АНАЛІЗ СУТТЄВИХ СПОЖИВАЧІВ ЕНЕРГІЇ СПОРТИВНИХ СПОРУД.....	76
29. Бориченко О.В., Євдокімова А.В., БАР’ЄРИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПОПИТОМ В УКРАЇНИ.....	78
30. Замулко А.І., Бердник О.М., МАЛА ВІТРОГЕНЕРАЦІЯ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ СТАНДАРТУ NZEV.....	81
31. Шаповалов О.О., Притискач І.В., ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ УСТАНОВОК ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ.....	83
32. Коробцов І. А. АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ У ГІБРИДНІЙ ЕНЕРГЕТИЧНІЙ УСТАНОВЦІ НА ОСНОВІ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ.....	86

33. <i>Бориченко О.В., Чечун І.О. ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОРТФЕЛЯ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ІМПОРТНО-ЕКСПОРТНИХ ОПЕРАЦІЙ У КОНТЕКСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....</i>	<i>88</i>
34. <i>Бориченко О.В., Філіппова О.М., ДОВГОСТРОКОВІ ДВОСТОРОННІ КОНТРАКТИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ТА ПРОГНОЗОВАНOSTІ РИНКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ В КРИЗОВИХ УМОВАХ.....</i>	<i>90</i>
35. <i>Х.В. Сіваченко, О.В. Бориченко, ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ БАЗОВОГО РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НА ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТАХ.....</i>	<i>92</i>
36. <i>Ярошук С.О., Бориченко О.В. РОЛЬ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ В ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТІ МУНІЦИПАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ.....</i>	<i>95</i>
37. <i>Чернявський А.В., Потник Д. А., ІНТЕГРАЦІЯ СИСТЕМ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ В МУНІЦИПАЛЬНУ ІНФРАСТРУКТУРУ ЖИТЛОВИХ РАЙОНІВ.....</i>	<i>97</i>
38. <i>Бориченко О.В., Телевний Д.О., ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЙ ОБСМАЖЕННЯ КАВИ НА ПІДПРИЄМСТВІ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....</i>	<i>99</i>
39. <i>Чернявський А.В., Рак М. П., ДОЦІЛЬНІСТЬ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КООПЕРАТИВУ У ВІЙСЬКОВИЙ ЧАС В УКРАЇНІ.....</i>	<i>101</i>
40. <i>Гапєєв С.М., Старушенко Г.А., ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТУ ЗА ТРИФАЗНОЮ МОДЕЛЛЮ.....</i>	<i>103</i>
41. <i>Данішевський А.С., КОЕФІЦІЄНТ ДЕГРАДАЦІЇ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ФАСАДІВ БУДІВЕЛЬ.....</i>	<i>106</i>
42. <i>Новиков А. О., Сліденко В. М., АНАЛІЗ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДЛЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ.....</i>	<i>108</i>
43. <i>І.Р. Ващишак ЗАСТОСУВАННЯ ПУЛЬСАЦІЙНИХ ТЕПЛОВИХ ТРУБОК ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВІКОН.....</i>	<i>110</i>
44. <i>Жевжик О.В., Босий Д. О., Потапчук І.Ю., ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАКРУЧЕНОГО ПОТОКУ У ОБЕРТОВИХ ПЕЧАХ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....</i>	<i>112</i>
45. <i>Оболонін О.С., ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ АЛГОРИТМИ ТА BIG DATA ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ СПІЛЬНОГО ДИСПЕТЧЕРСЬОГО УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ.....</i>	<i>114</i>
46. <i>В.В. Безкоровайний, А.М. Ганжа, АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ РЕГЕНЕРАТИВНИХ ПОВІТРОНАГРІВАЧІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ОСНОВІ CFD МОДЕЛЮВАННЯ.....</i>	<i>116</i>
47. <i>Нерубацький В.П., ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ БЕЗКОЛЕКТОРНИХ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЛОКОМОТИВІВ.....</i>	<i>118</i>
48. <i>Федірко М.М. СТРУКТУРА ТА ПОТЕНЦІАЛ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТІВ КОМУНАЛЬНОЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ.....</i>	<i>120</i>

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ БЕЗКОЛЕКТОРНИХ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЛОКОМОТИВІВ

Підвищення енергоефективності безколекторних тягових двигунів сприяє не лише зменшенню енерговитрат, а й підвищенню надійності, довговічності та екологічності локомотивів, що є ключовим фактором розвитку сучасного залізничного транспорту.

Одним із ключових напрямів підвищення енергоефективності безколекторних тягових двигунів (BLDC та PMSM) є оптимізація системи керування [1, 2]. Використання векторного керування (FOC, Field-Oriented Control) забезпечує точне регулювання магнітного поля та крутного моменту, що дає змогу мінімізувати втрати енергії у процесі роботи. Альтернативним підходом є пряме керування моментом (DTC, Direct Torque Control), яке забезпечує високу швидкодію системи та зменшує енергетичні втрати завдяки скороченню кількості комутацій. Додаткове підвищення ефективності досягається за рахунок застосування адаптивних та прогнозних алгоритмів керування, які автоматично коригують параметри регулювання відповідно до зміни навантаження та швидкості обертання.

Суттєвий вплив на енергоефективність мають втрати у силових перетворювачах [3, 4]. Заміна традиційних кремнієвих транзисторів на SiC (карбід кремнію) або GaN (нітрид галію) прилади дозволяє знизити втрати при комутації та підвищити робочі частоти [5]. Крім того, застосування високоякісних магнітопроводів із нанокристалічних або аморфних сталей сприяє зменшенню втрат на гістерезис та вихрові струми [6]. Оптимізація конструкції статора і ротора забезпечує більш рівномірний розподіл магнітного потоку та мінімізацію паразитних струмів [7].

Важливою складовою енергоефективної системи є оптимізація живлення тягового двигуна. Реалізація режиму рекуперативного гальмування дозволяє повертати частину енергії у живильну мережу або акумулятор [8]. Використання енергоефективних DC/DC-перетворювачів із мінімальними комутаційними втратами сприяє зменшенню енергоспоживання. Сучасні транспортні системи також впроваджують інтелектуальне керування енергоспоживанням, що координує роботу двигуна з іншими підсистемами засобу транспорту [9].

Енергетичні втрати в обмотках можна зменшити за рахунок оптимізації траєкторії струму, що дозволяє мінімізувати втрати у міді [10, 11]. Регулювання кута випередження комутації залежно від швидкості обертання ротора забезпечує оптимальне використання магнітного поля. Зменшення гармонічних спотворень струму за рахунок удосконалення алгоритмів широтно-імпульсної модуляції також сприяє підвищенню коефіцієнта корисної дії системи [12].

Підтримання оптимального температурного режиму має важливе значення для стабільної роботи двигуна. Використання систем активного охолодження (рідиною або термоелектричними елементами) дозволяє уникати перегріву обмоток і підшипників [13]. Інтегровані сенсорні системи моніторингу температури забезпечують можливість адаптивного коригування режимів роботи для запобігання перевантаженням. Додатково впровадження цифрових двійників двигунів та штучного інтелекту дає змогу прогнозувати втрати, визначати оптимальні режими роботи й підвищувати загальну енергоефективність системи [14, 15].

Таким чином, підвищення енергоефективності безколекторних тягових двигунів може бути досягнуто за рахунок комплексного впровадження апаратних, алгоритмічних та інтелектуальних технологічних рішень. Застосування сучасних методів керування, енергоефективних напівпровідникових елементів, рекуперації енергії гальмування та систем

діагностики дає змогу істотно зменшити енергоспоживання та підвищити надійність транспортних систем.

Список використаних джерел:

1. Kadhim Q. S., Swadi M., Mahdi A. J., Joodi M. A., Tuaimah F. M., Mohammed M. E., Abbas A. H., Salem M. Optimum design of bearingless brushless DC motor modeling with dual loop controller using dragonfly optimizers. *e-Prime – Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*. 2025. Vol. 11. 100942. DOI: 10.1016/j.prime.2025.100942.
2. Kethiri M. F., Charrouf O., Betka A., Salman M., Boccaletti C. Minimizing power losses in BLDC motor drives through adaptive flux control: A real-time experimental study. *Actuators*. 2025. Vol. 14, Iss. 8. 395. DOI: 10.3390/act14080395.
3. Plakhtii O. A., Nerubatskyi V. P., Hordiienko D. A., Khoruzhevskyi H. A. Calculation of static and dynamic losses in power IGBT-transistors by polynomial approximation of basic energy characteristics. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020. No. 2 (176). P. 82–88. DOI: 10.33271/nvngu/2020-82.
4. Plakhtii O., Nerubatskyi V., Hordiienko D., Sushko D., Syniavskyi A., Shelest D. Thermal-powerloss approximation method for determination of efficiency in semiconductor devices. *2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). Proceedings*. 2022. P. 456–461. DOI: 10.1109/ELNANO54667.2022.9926756.
5. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Hordiienko D., Khoruzhevskyi H. Prospects for the development of power electronics by application of technologies for production of power semiconductor switches based on silicon carbide. *International scientific journal «Industry 4.0»*. 2020. Vol. 5, Iss. 4. P. 170–173.
6. Ishikawa T., Takahashi K., Viet Ho Q., Matsunami M., Kurita N. Analysis of novel brushless DC motors made of soft magnetic composite core. *IEEE Transactions on Magnetics*. 2012. Vol. 48, Iss. 2. P. 971–974. DOI: 10.1109/TMAG.2011.2176469.
7. Patel A. N., Doshi P. J., Mahagaokar S. C., Panchal T. H. Optimization of cogging torque in interior permanent magnet synchronous motor using optimum magnet v-angle. *Electrical Engineering & Electromechanics*. 2023. No. 6. P. 16–20. DOI: 10.20998/2074-272X.2023.6.03.
8. Nerubatskyi V. P., Hordiienko D. A. Features of the use recuperation braking on electric rolling stock of DC railways. Тези III міжнародної науково-практичної конференції «Рухомий склад нового покоління: із XX в XXI сторіччя» (Харків, УкрДУЗТ, 22–23 листопада 2023 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2023. С. 83–85.
9. Teimoori Z., & Yassine, A. A review on intelligent energy management systems for future electric vehicle transportation. *Sustainability*. 2022. Vol. 14, Iss. 21. 14100. DOI: 10.3390/su142114100.
10. Nerubatskyi V. P., Hordiienko D. A. Method of determining additional thermal losses in the windings of electric motors. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології в світлотехніці та електроенергетиці» (Харків, ХНУМГ імені О. М. Бекетова, 16–17 травня 2024 р.). Харків: ХНУМГ імені О. М. Бекетова, 2024. С. 68–69.
11. Nerubatskyi V. P., Hordiienko D. A. Determination of additional thermal losses from higher harmonics in AC motors windings. Тези стендових доповідей та виступів учасників 34-ї міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» (Харків, УкрДУЗТ, 29 жовтня 2021 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2021. № 3 (додаток). С. 18–19.
12. Нерубацький В. П., Плахтій О. А., Цибульник В. Р., Гордієнко Д. А., Хоружевський Г. А. Аналіз показників енергоефективності автономних інверторів напруги з імпедансною і квазіімпедансною ланками у вхідному колі при застосуванні різних алгоритмів модуляції. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2020. Том 25, № 3. С. 19–31. DOI: 10.18664/ikszt.v25i3.214089.
13. Gronwald P.-O., Kern T. A. Traction motor cooling systems: A literature review and comparative study. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*. 2021. Vol. 7, Iss. 4. P. 2892–2913. DOI: 10.1109/TTE.2021.3075844.
14. Shen Z., Arraño-Vargas F., Konstantinou G. Artificial intelligence and digital twins in power systems: Trends, synergies and opportunities. *Digital Twin*. 2024. Vol. 1, Iss. 3. 11. DOI: 10.12688/digitaltwin.17632.2.
15. Abdessadak A., Ghennioui H., Thirion-Moreau N., Elbhiri B., Abraim M., Merzouk S. Digital twin technology and artificial intelligence in energy transition: A comprehensive systematic review of applications. *Energy Reports*. 2025. Vol. 13. P. 5196–5218. DOI: 10.1016/j.egy.2025.04.060.