

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»  
Мішкольцький університет (Угорщина)  
Магдебурзький університет (Німеччина)  
Петрошанський університет (Румунія)  
Варшавська політехніка (Польща)  
Познанська політехніка (Польща)  
Софійський університет (Болгарія)

Ministry of Education and Science of Ukraine  
National Technical University  
«Kharkiv Polytechnic Institute»  
University of Miskolc (Hungary)  
Magdeburg University (Germany)  
Petrosani University (Romania)  
Politechnika Warszawska (Poland)  
Poznan Polytechnic University (Poland)  
Sofia University (Bulgaria)

**ІНФОРМАЦІЙНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ:  
НАУКА, ТЕХНІКА,  
ТЕХНОЛОГІЯ, ОСВІТА,  
ЗДОРОВ'Я**

Наукове видання

Тези доповідей  
**XXXI МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ  
MicroCAD-2023**

**Харків 2023**

**INFORMATION  
TECHNOLOGIES:  
SCIENCE, ENGINEERING,  
TECHNOLOGY, EDUCATION,  
HEALTH**

Scientific publication

Abstracts  
**XXXI INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC-PRACTICAL  
CONFERENCE  
MicroCAD-2023**

**Kharkiv 2023**

I 74

УДК 004(063)

**Голова конференції:** Сокол Є.І. (Україна).

**Співголови конференції:** Герджиков А. (Болгарія), Зарембу К., Єсиновські Т. (Польща), Радун С.М. (Румунія), Стракелян Й. (Німеччина), Хорват З. (Угорщина).

Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2022, 17-20 травня 2023 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1405 с.

Подано тези доповідей науково-практичної конференції MicroCAD-2023 за теоретичними та практичними результатами наукових досліджень і розробок, які виконані викладачами вищої школи, науковими співробітниками, аспірантами, студентами, фахівцями різних організацій і підприємств.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, студентів, фахівців.

Тези доповідей відтворені з авторських оригіналів.

ISSN 2222-2944

© Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
2023

## ЗМІСТ

<b>Секція 1. Енергетика, електроніка та електромеханіка</b>	<b>5</b>
<i>1.1 Моделювання робочих процесів в тепло-технологічному, енергетичному обладнанні та проблеми енергозбереження</i>	5
<i>1.2 Електромеханічне та електричне перетворення енергії</i>	29
<i>1.3 Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології в енергетиці</i>	90
<i>1.4 Актуальні проблеми енергетичного машинобудування</i>	136
<b>Секція 2. Актуальні питання механічної інженерії і транспорту</b>	<b>150</b>
<i>2.1 Технологія та автоматизоване проектування в машинобудуванні</i>	150
<i>2.2 Фундаментальні та прикладні проблеми транспортного машинобудування</i>	229
<i>2.3 Нові матеріали та сучасні технології обробки металів</i>	272
<i>2.4 Природоохоронні технології, професійна безпека та здоров'я</i>	327
<i>2.5 Розбудова обороноздатності України</i>	389
<b>Секція 3. Комп'ютерне моделювання, прикладна фізика та математика</b>	<b>418</b>
<i>3.1 Математичне моделювання в механіці і системах управління</i>	418
<i>3.2 Комп'ютерні технології у фізико-технічних дослідженнях</i>	443
<i>3.3 Мікропроцесорна техніка в автоматичі та приладобудуванні</i>	456
<b>Секція 4. Хімічні технології та інженерія</b>	<b>495</b>
<b>Секція 5. Економіка, менеджмент і міжнародний бізнес</b>	<b>629</b>
<b>Секція 6. Медичні науки</b>	<b>822</b>
<b>Секція 7. Міжнародна освіта</b>	<b>841</b>
<i>7.1 Міжнародна технічна освіта: тенденції та новації</i>	841
<i>7.2 Міжнародна гуманітарна освіта</i>	879
<b>Секція 8. Соціально-гуманітарні технології</b>	<b>894</b>
<i>8.1 Сучасні проблеми гуманітарних наук</i>	894
<i>8.2 Управління соціальними системами і підготовка кадрів</i>	937
<i>8.3 Актуальні проблеми розвитку інформаційного суспільства в Україні</i>	977

**WITH ROTOR ALUMINUM AND COPPER WINDING**

**Shevchenko V.V., Osipov A.V.**

*National Technical University "KhPI", Kharkiv*

The use of the skin effect in the rotor winding to increase the active resistance is based on the fact that at the beginning of the start-up, the current frequency in the rotor  $f_r = s \cdot f_s$  is close to the mains frequency ( $s_{start} = 1$ ). The current in the rod creates a leakage flux  $\Phi_{\sigma r}$ ,

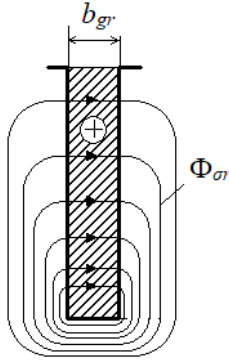
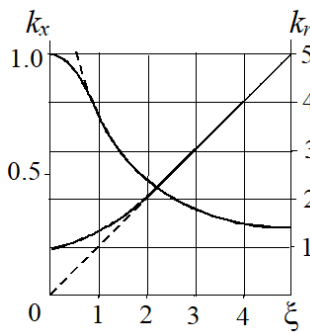


Fig.1. Part of the rod section near the groove bottom is linked to the maximum number of field lines, so its inductive resistance will be the largest. The upper elements of the rod section have the smallest inductive resistance. Since at large slips ( $s \approx 1$ ) the current in the rod elementary layers is distributed inversely proportional to the inductive resistance of the layer, its density in the lower layers will be less than in the upper ones.

The rotor winding active resistance  $R_r'$  and its inductive leakage resistance  $x_{\sigma r}'$  can be represented:

$$R_r' = k_r \cdot R_{rgr}' + R_{ra}' \text{ and } x_{\sigma r}' = k_x \cdot x_{\sigma gr}' + x_{\sigma a}';$$

**Fig.1**



where  $k_r, k_x$  – coefficients that take into account the change in resistance under the influence of current displacement. These coefficients are non-linear functions of the dimensionless parameter  $\xi = h_{gr}/h_{sk}$ , where  $h_{sk}$  – skin effect current penetration depth, m:

$$h_{sk} = \sqrt{\frac{1}{\mu_0 \cdot \gamma \cdot \pi \cdot f_s \cdot s}};$$

**Fig. 2**

$\gamma = 1/\rho$  – specific conductivity of the rod, (S/m);  $s$  – slip, r.u.;  $f_s = 50$  Hz;  $h_{gr}$  – rotor slot height, m;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  H/m. The dependencies  $k_r(\xi)$  and  $k_x(\xi)$  are shown in fig.2. If the rotor winding is made of copper, for which  $\rho_{Cu} = 0,02 \cdot 10^{-6}$  S/m, then the current penetration depth, m:

$$h_{sk} = \sqrt{\frac{0,02 \cdot 10^{-6}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \pi \cdot 50 \cdot s}} \approx \sqrt{\frac{1}{s}};$$

Then  $\xi_{Cu} = h_{gr} \cdot \sqrt{s}$ . For aluminum rod, bearing  $\rho_{Al} = 2 \cdot \rho_{Cu}$ , we have:

$$\xi_{Al} = h_{gr} \cdot \frac{\sqrt{s}}{\sqrt{2}} = 0.71 \cdot h_{gr} \cdot \sqrt{s}.$$

In the operating range ( $\xi = 1 \div 4$ ) coefficients  $k_r(\xi)$  and  $k_x(\xi)$  can be determined by the approximate relations  $k_r \approx \xi$ ;  $k_x \approx 3/(2 \cdot \xi)$ . According to these ratios, in IM with deep grooves, at  $h_{gr} = 5$  cm, the active resistance of the slot part of the winding at the initial moment of start-up increases by  $k_r = 5$  times, and the inductive resistance decreases by  $1/k_x = 3.33$  times. As the slip decreases to the nominal value,  $k_x$  decreases.

When sliding  $s \leq 0.06 \div 0.08$ , the skin effect practically does not manifest itself, the current density in the rods will be constant, and their active resistance becomes minimal.

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»  
Мішкольцький університет (Угорщина)  
Магдебурзький університет (Німеччина)  
Петрошанський університет (Румунія)  
Варшавська політехніка (Польща)  
Познанська політехніка (Польща)  
Софійський університет (Болгарія)

Ministry of Education and Science of Ukraine  
National Technical University  
«Kharkiv Polytechnic Institute»  
University of Miskolc (Hungary)  
Magdeburg University (Germany)  
Petrosani University (Romania)  
Politechnika Warszawska (Poland)  
Poznan Polytechnic University (Poland)  
Sofia University (Bulgaria)

**ПРОГРАМА  
XXXI МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ**

**ІНФОРМАЦІЙНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ:  
НАУКА, ТЕХНІКА,  
ТЕХНОЛОГІЯ, ОСВІТА,  
ЗДОРОВ'Я  
(MicroCAD-2023)**

**17-20 травня**

**Харків 2023**

**PROGRAM  
XXXI INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC-PRACTICAL  
CONFERENCE**

**INFORMATION  
TECHNOLOGIES:  
SCIENCE, ENGINEERING,  
TECHNOLOGY, EDUCATION,  
HEALTH  
(MicroCAD-2023)**

**17-20 May**

**Kharkiv 2023**

## **Шановні колеги!**

Запрошуємо вас прийняти участь у роботі  
XXXI Міжнародної науково-практичної конференції

## **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ: НАУКА, ТЕХНІКА, ТЕХНОЛОГІЯ, ОСВІТА, ЗДОРОВ'Я MicroCAD-2023**

Конференція проводиться 17-20 травня 2023 р.  
у Національному технічному університеті  
«Харківський політехнічний інститут»

Організатори конференції:

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»  
Мішкольцький університет (Угорщина)  
Магдебурзький університет (Німеччина)  
Петрошанський університет (Румунія)  
Варшавська політехніка (Польща)  
Познанська політехніка (Польща)  
Софійський університет (Болгарія)

Пленарне засідання - 17 травня, середа, з 14-00  
Робота секцій - 18 травня, четвер, з 10-00  
- 19 травня, п'ятниця, з 10-00  
- 20 травня, субота, з 10-00

Робочі мови – українська, англійська

Адреса Організаційного комітету конференції:  
Україна, Харків, 61002, вул. Кирпичова, 2,  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
Науково-дослідна частина  
Телефони: (057) 707-60-14; (057) 707-61-36  
Web-site: <https://web.kpi.kharkov.ua/microcad/>

### ***СПІВГОЛОВИ КОНФЕРЕНЦІЇ***

- СОКОЛ Є.І.** – ректор НТУ «ХПІ», Україна  
**ХОРВАТ З.** – ректор Мішкольцького університету, Угорщина  
**РАДУ С.М.** – ректор Петрошанського університету, Румунія  
**СТРАКЕЛЯН Й.** – ректор Магдебурзького університету ім. Отто фон Геріке, Німеччина  
**ЄСИНОВСКИ Т.** – ректор Познанської політехніки, Польща  
**ЗАРЕМБУ К.** – ректор Варшавської політехніки, Польща  
**ГЕРДЖИКОВ А.** – ректор Софійського університету «Св. Климент Охридський», Болгарія

### ***ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ***

- Марченко А.П.** – проректор НТУ «ХПІ», голова  
**Товажнянський Л.Л.** – радник ректора НТУ «ХПІ»  
**Віммер Д.** – керівник міжнародного офісу Університету прикладних наук Вюрцбург-Швайнфурт  
**Джанда М.** – доцент кафедри фізики навколишнього середовища, факультету математики, фізики та інформатики, Університет Коменського, Братислава  
**Кундрак Я.** – професор Мішкольцького університету, факультет машинобудування та інформатики, інститут виробничої науки  
**Мамаліс А.** – директор Національного центру наукових досліджень «Demokritos»  
**Маркопулос А.** – професор Афінського національного технічного університету, кафедра технології виробництва  
**Романченко І.С.** – директор Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України  
**Коваль М.В.** – Начальник Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського  
**Томаш П.** – професор факультету машинобудування та інформатики Мішкольцького університету  
**Фельхо Ч.** – доцент Мішкольцького університету, факультет машинобудування та інформатики, інститут виробничих наук  
**Чепков І.Б.** – начальник Центрального НДІ озброєння та військової техніки ЗСУ

### ***ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ***

Лісачук Г.В.	– завідувач НДЧ НТУ «ХПІ», голова
Кривобок Р.В.	– заст. завідувача НДЧ НТУ «ХПІ», заст. голови
Буряковський С.Г.	– директор НДПКІ «Молнія» НТУ «ХПІ»
Гаєвий І.О.	– провідний редактор газети «Політехнік»
Гончаров О.А.	– начальник ВМЗ НТУ «ХПІ»
Домнін І.Ф.	– директор НДІ «Іоносфера»
Спіфанов В.В.	– директор ННІ МІТ НТУ «ХПІ»
Захаров А.В.	– заст. завідувача НДЧ НТУ «ХПІ»
Златкіна В.В.	– в.о. директора ННМІ НТУ «ХПІ»
Кіпенський А.В.	– директор ННІ СГТ НТУ «ХПІ»
Кудій Д.А.	– директор ННІ МО НТУ «ХПІ»
Ларін О.О.	– директор ННІ ІФІ НТУ «ХПІ»
Манойленко О.В.	– в.о. директора ННІ ЕММБ НТУ «ХПІ»
Рищенко І.М.	– директор ННІ ХТІ НТУ «ХПІ»
Томашевський Р.С.	– директор ННІ ЕЕЕ НТУ «ХПІ»

### ***СЕКРЕТАРІАТ***

Марценюк С.В.	– пров. інженер НТУ «ХПІ»
Гуренко Ю.І.	– інженер НТУ «ХПІ»



22. Чорна Н.А.

Енергоаудит як основа підвищення енергоефективності та енергозбереження в автономних системах енергозабезпечення

23. Юдін Ю.О., Суботович В.П., Лапузін О.В., Малимон І.І.

Визначення оптимальної геометрії дефлектора для аеродинамічного удосконалення вихлопного патрубку ЦНТ потужної парової турбіни

*Дискусія*

**Підсекція 1.2 – Електромеханічне та електричне перетворення енергії**

***Керівник – проф. Воїнов Володимир Володимирович, професор кафедри «Автоматизовані електромеханічні системи»***

***Секретар – доц. Крюкова Наталія Валеріївна, доцент кафедри «Загальна електротехніка»***

1. Ahmed Ahmed Adel, Vorobiov B.V., Senchenko S.O.

Electric drive for hybrid electric vehicle

2. Байда Є.І., Чепелюк О.О.

Моделювання роботи біметалевого елемента термовимикача електричного чайника

3. Бурханм Абделмутхіт, Шайда В. П., Шилкова Л. В., Юр'єва О. Ю.

Оцінка впливу відхилення частоти джерела живлення на пускові властивості асинхронних двигунів малої потужності

4. Головань О.О., Аніщенко Я.М., Таболіна Ю.Д., Котляров В.О.

Застосування засобів штучного інтелекту для вибору контролерів двигунів у проектуванні БПЛА

5. Гончаров Є.В., Крюкова Н.В., Марков В.С., Поляков І.В., Слівна Д.Ю.

Порівняння методів моніторингу ожеледі високовольних ліній електропередачі та огляд вимірювальної апаратури діагностики таких ліній

6. Гречко О.М.

Дослідження конструкцій та характеристик топких запобіжників для вимірювальних трансформаторів середньої напруги

7. Гріччин А.О., Замаруєв В.В.

Використання 3D-моделювання при розробці електромеханічного обладнання з блоками електронного керування

8. Дунєв О.О., Ушкварок Ю.Е.

Особливості розрахунку безколекторного двигуна постійного струму у програмному комплексі Ansys Maxwell

9. Єгоров А.В., Кошляк О.О.

Параметризація, як елемент полегшення конструкторської роботи інженерів

10. Жуковін І.В., Шморгун Т.С., Котляров В.О.

Інформаційна модель використання WEB-технологій у стендах мехатронних систем

11. Зарічний Е.Д., Воробйов Б.В.

Розробка функціональної схеми електромеханічної системи електросамокату

12. Заярний Є.О., Асмолова Л.В.

Підвищення продуктивності роботи стележного крана-штабелера за рахунок вибору тиристорного електроприводу з параметричним керуванням

13. Зорін Є.Ю., Чепелюк О.О.

Аналіз чутливості електропобутової техніки до недопустимих відхилень напруги живлення

14. Зорін Є.Ю., Чепелюк О.О.

Моделювання аварійних режимів недопустимих відхилень напруги в електричній мережі живлення однофазних побутових споживачів

15. Кириленко Я.О., Дем'яненко Д.С.

Дослідження системи керування електропривода мобільної роботозованої платформи

16. Кириленко Я.О., Міхно Р.М.

Розробка електропривода двоколісного самобалансуючого робота

17. Клепиков В.Б., Беляєв О.С.

Модифікація методики синтезу квазінейрорегулятора двомасової електромеханічної системи

18. Клепиков В.Б., Собченко В.В.

Деякі аспекти розробки електропривода троллейбуса з автономним ходом

19. Коваленко М.А., Кащєєв О.В.

Аналіз основних компонентів блискавкозахисту

20. Ковальов А.А., Кришталевиц Д.В., Воронцова М.Ю., Котляров В.О.

Дослідження складності мехатронних систем засобами конфігуруємого лабораторного стенду

21. Ковтун К.А., Крилов Д.С.

Трифазний активний випрямляч з фіксованою частотою модуляції та параметричною системою управління

22. Кондратьєва Л.Ю., Овер'янова Л.В., Рябов Є.С.

Оцінка потенціалу енергозбереження електрифікованого кар'єрного залізничного транспорту

23. Кравченко С.І.

Керування шестифазним кроковим двигуном змінного магнітного опору

24. Кукурудзяк М. С.  
Залежність параметрів напівпровідникових приладів від їх розміщення на підкладці
25. Кутовий Ю. М., Кириленко Я.О., Панченко П.М.  
Дослідження умов виникнення фрикційних автоколивань в тяговому електроприводі
26. Куценко Д.В, Клепіков В.Б.  
Квазінейрорегулятор одномасової електромеханічної системи з від'ємним вязким тертям
27. Лелюк М.А., Івлєв К.В., Лимар А.С.  
Дослідження роботи бістабільного поляризованого електромагніта для вакуумного контактора
28. Луб'яний Л.З., Чичибаба І.О., Біляєв Є.Ю.  
Побудова амплітудного розподілу шумів Баркгаузена в середовищі LABVIEW
29. Любарський Б.Г., Хаустов О.Е.  
Інтенсифікація процесів теплообміну в каналах системи охолодження електродвигунів тягОВОГО рухомого складу залізничного транспорту
30. Markov Vladislav, Goncharov Yevhen, Kriukova Natalia, Polyakov Ihor  
Features of transient processes simulation in the autonomous induction generator
31. Масленніков А.М., Єгоров А.В., Дунєв О.О.  
Особливості роботи автономних енергетичних установок в транспортних засобах
32. Мілих В. І., Гончаров М.В.  
Чисельно-польовий аналіз ЕРС в обмотці ротора трифазного асинхронного двигуна
33. Милашич А.В., Чепелюк О.О.  
Бездротові апарати контролю та керування Radioline, їх застосування в промисловості
34. Михайличенко О. С., Шилкова Л. В., Шайда В. П., Юр'єва О. Ю.  
Діагностика підшипників тягових синхронних двигунів з постійними магнітами
35. Mohamed Maya, Vorobiov V.V., Senchenko S.O.  
Electric vehicle drives with torque regulation
36. Нагорняк І.Г., Крилов Д.С.  
Модульний багаторівневий перетворювач в структурі відновлюваної енергетики
37. Нестеренко М.С., Карпенко К.І.  
Системи тиристорний перетворювач – двигун постійного струму в сучасних електроприводах

38. Обруч І.В., Дорошенко В.С., Карпенко К.І., Літвінов В. Ю.  
Розробка частотного асинхронного електроприводу механізмів крану
39. Озулу А.Б., Любарський Б.Г.  
Обговорення результатів математичного моделювання рекуперації коливань кузова електропоїзда
40. Пантелят М.Г., Кузьмін А.О.  
Огляд програмних засобів для комп'ютерного моделювання мультифізичних процесів у електромагнітах і актуаторах вакуумних комутаційних апаратів з урахуванням контактної взаємодії конструктивних елементів
41. Пантелят М.Г., Мясоедов П.С.  
Електромагнітна сумісність технічних об'єктів: органи стандартизації Європейського Союзу та Федеративної Республіки Німеччина
42. Пиленко А.В., Сенченко С.О.  
Розробка взаємопов'язаних електроприводів постійного струму з ітераційною структурою регулювання швидкості з двома автономними каналами
43. Семіков О.В., Ганчуков Д.І., Крамарев М.М., Леонтьєв Н.В., Малихін В.М.  
Електропривод з контуром регулювання положення
44. Сенченко С.О., Воробйов Б.В., Пшеничников Д.О., Ліхно Я.В.  
Дослідження якості регулювання при навчанні нейронної мережі для керування двигуном постійного струму
45. Серєда Олександр Г., Серєда Олена Г., Яловенко М. М.  
Аналіз методів безпосереднього контролю над температурою обмоток асинхронних електродвигунів, що працюють в повторно-короткочасному режимі
46. Сідак В.О., Пантелят М.Г.  
Удосконалення «розумних» електричних апаратів для побутового щитка з дистанційним керуванням
47. Соскіда Д.В., Кунченко Т.Ю., Тищенко Л.В.  
Особливості роботи гідравлічного водного насосу
48. Tkachenko Andrii, Akhmadov Natih  
Automated electric drive of the stacker crane
49. Ткаченко А.О., Бондар Д.В.  
Розробка лабораторних робіт в сервісі TinkerCAD
50. Ткаченко А.О., Осичев О.В., Орєхов О.В.  
Розробка комп'ютерної моделі електропривода різання вугільного комбайна УКД200
51. Ткаченко А.О., Осичев О.В., Удовиченко В.С.  
Регульований електропривод вугільного комбайна УКД200

52. Туз С. І., Шайда В. П., Шилкова Л. В., Юр'єва О. Ю.  
Аналіз параметрів струмового захисту вибухозахищених асинхронних двигунів з урахуванням експлуатаційних факторів
53. Холод О.І., Глушенко А.Г.  
Вхідний фільтр активного випрямляча з фіксованою частотою модуляції
54. Чепелюк О.О., Байда Є.І.  
Аналіз конструктивних особливостей магістральних та розподільних шинопроводів низької напруги
55. Чепелюк О.О., Милашич А.В.  
Лабораторний стенд для дослідження режимів роботи пристрою плавного пуску трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором
56. Чепелюк О.О., Плугін Д.С.  
Оцінка ефективності компенсації реактивної потужності трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором
57. Шамардіна В. М., Подрез Д. Є  
Особливості вибору частотних перетворювачів для пасажирських ліфтів
58. Shevchenko V.V., Osipov A.V.  
Comparison of the current formation depth with account for the skin effect with rotor aluminum and copper winding
59. Штомпель О.М. , Любарський Б.Г.  
Аналіз перспективних напрямків підвищення енергоефективності систем електричної тяги метрополітенів
60. Юшко С.В., Фастов Д.Ю.  
Конструкція та параметри роботи системи кондиціонування в режимі теплового насоса

### *Дискусія*

### **Підсекція 1.3 – Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології в енергетиці**

***Керівник – проф. Лазуренко Олександр Павлович, завідувач кафедри «Електричні станції»***

***Секретар – доц. Шутенко Олег Володимирович, доцент кафедри «Передача електричної енергії»***

1. Aliiev R.D., Shevchenko V.V.  
Current state and prospects of TPP in the integrated power system of Ukraine
2. Баклицький В.М.  
Аналіз нових підходів до проектування силових трансформаторів