

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Проректор з навчальної роботи  
Національного технічного  
університету України  
“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”  
к.філос.н., проф.  
Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО



“ 14 ” березень 2024 р.

з протоколу № 10 від 14 березня 2024 р. розширеного засідання  
кафедри електромеханіки  
Національного технічного університету України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

#### БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри електромеханіки:

зав. каф. к.т.н., доц. Чумак В.В., д.т.н., проф. Шинкаренко В.Ф., к.т.н., доц. Шиманська А.А., д.т.н., проф. Васьковський Ю.М., к.т.н., доц. Реуцький М.О., к.т.н., доц. Галіновський О.М., к.т.н., доц. Гайденко Ю.А., к.т.н., доц. Гераскін О.А., к.т.н., доц. Цивінський С.С., к.т.н., доц. Коваленко М.А., ст.викл. Котлярова В.В., асист. Ігнатюк Є.С., інженер 1 кат. Бобер В.А., інженер 1 кат. Пономарьов О.І.;

- з інших кафедр КПІ ім. Ігоря Сікорського:

- з кафедри теоретичної електротехніки:

зав.каф., д.т.н., проф. Островерхов М.Я., аспірант Шкардун О.В.;

- з кафедри відновлюваних джерел енергії:

зав. каф., д.т.н., доц. Будицький В.І., к.т.н., доц. Бардик Є.І., Головкин В.М.;

- з кафедри автоматизації енергосистем:

декан д.т.н. проф. Яндульський О.С.

Запрошені з інших організацій:

- з Інституту електродинаміки НАН України:

д.т.н., головн.н.с. Подольцев О.Д., д. т. н, пров.н.с. Гребеніков В.В.,

зав.від. д.т.н., проф. Мазуренко Л.І.;

- з Сумського державного університету:

д.т.н., доц., зав. каф. прикладної гідроаеромеханіки Сотник М.І.

## **СЛУХАЛИ:**

### **1. Повідомлення аспіранта кафедри електромеханіки**

Ткачука Ігора Валерійовича за матеріалами дисертаційної роботи “Електромеханічна система для перетворення низькопотенціальної механічної енергії в електричну”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Освітньо-наукова програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Тему дисертаційної роботи “ Електромеханічна система для перетворення низькопотенціальної механічної енергії в електричну ” затверджено на засіданні Вченої ради факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 4 від “23” листопада 2020 року).

Науковим керівником затверджений доц., к.т.н. Коваленко М.А..

### **2. Запитання до здобувача.**

Запитання по темі дисертації ставили:

Д.т.н., проф. Шинкаренко В.Ф., д.т.н., проф. Васьковський Ю.М., д.т.н., проф. Яндульський О.С., к.т.н., доц. Реуцький М.О., д.т.н. проф. Островерхов М.Я., к.т.н., доц. Бардик Є.І., д. т. н, пров.н.с. Гребенніков В.В., к.т.н., доц. Чумак В.В.

### **3. Виступи за обговореною роботою.**

В обговоренні дисертації взяли участь:

Д.т.н., проф. Шинкаренко В.Ф., д.т.н., проф. Васьковський Ю.М., д.т.н., проф. Яндульський О.С., к.т.н., доц. Реуцький М.О., к.т.н., доц. Чумак В.В., д.т.н. проф. Островерхов М.Я., к.т.н., доц. Бардик Є.І.

## **УХВАЛИЛИ:**

**ПРИЙНЯТИ** такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

**1. Актуальність теми.** Питомі масогабаритні показники електричної машини великою мірою залежить від номінальної частоти обертання ротора, що більше частота обертання, то менше габарити електричної машини. Можливість вибору номінальної частоти обертання з широкого діапазону при проектуванні електричної машини дозволяє отримати оптимальні масогабаритні та вартісні показники електроустановки в цілому. Однак номінальна частота обертання найчастіше визначається не так прагненням створити оптимальну електричну машину, скільки вимогами споживача механічної енергії коли це електродвигун або джерелом механічної енергії у випадку електроджерела електричної енергії. Такі області застосування електричних машин як вітроенергетика, автомобілебудування,

кораблебудування, нафтовидобуток, деякі напрямки легкої та харчової промисловості та інших характеризуються вкрай низькими швидкостями обертання, на рівні десятків обертів на хвилину. У цих випадках пряме з'єднання валу електричної машини з навантаженням стає економічно не вигідним, а часто й просто неможливим. Наприклад, існуюча тенденція збільшення потужності одиначної установки у вітроенергетиці вимагає відмови від прямого приводу електроджерела електричної енергії вітряної турбіни через зростання масогабаритних показників джерела електричної енергії до значень, що ускладнюють транспортування та монтаж такої електричної машини. Зниження масогабаритних показників електричних машин у подібних випадках можливе лише шляхом значного збільшення їхньої номінальної швидкості обертання, що веде до необхідності використання зубчастих передач як узгоджувальних пристрій між генератором та навантаженням. Ефективність такого підходу зумовлена тим, що номінальний механічний момент зубчастої передачі більш ніж удвічі вищий у порівнянні з сучасною синхронною електричною машиною із збудженням від постійних магнітів. За рахунок цього забезпечуються найкращі масогабаритні показники комплексу високошвидкісної електричної машини – зубчаста передача у порівнянні із системою прямого приводу. Однак наявність зубчастого зачеплення в механічних трансмісіях призводить до появи низки недоліків, таких як: низька надійність, необхідність мастила та періодичного технічного обслуговування, пожежонебезпечність, високий рівень шуму, а також низька перевантажувальна здатність. Створення нових узгоджувальних пристроїв перетворення механічної енергії, які не мають зазначених недоліків і зберігають переваги зубчастих передач, є актуальним завданням електромеханіки. Одним з таких пристроїв є магнітна передача, в якому момент передається не за рахунок зубчастого зачеплення, а за допомогою силової взаємодії магнітних полів. Це робить можливим безконтактне перетворення швидкості та моменту, а отже і механічної енергії в подальшому в електричну, завдяки чому магнітним передачам не властиві характерні для їх зубчастих аналогів недоліки, зберігаючи при цьому порівняні з ними масогабаритні показники.

В енергетичних установках із встановленою потужністю в кілька мегават, наприклад у вітроенергетиці, застосування магнітних передач замість зубчастих може бути спрямоване на досягнення технічних переваг і подолання існуючих у промисловості технологічних труднощів виробництва якісних зубчастих коліс великого діаметра для передач мультимегаватного класу. Складна технологія виробництва зубчастих передач підвищує ризик застосування цих пристроїв. У той самий час виробництво магнітних передач як електромеханічних пристроїв вимагає освоєння передових технологій у механообробці і може бути здійснено на наявній базі з виробництва електричних машин.

**2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота безпосередньо пов'язана із науковою тематикою, яка виконувалась на кафедрі електромеханіки КПІ ім. Ігоря Сікорського. Результати роботи

використані при виконанні ініціативної науково-дослідної роботи за темою «Перетворення низькопотенційної кінетичної енергії в електричну» (Державний реєстраційний номер: 0122U201420) та передані до використання у навчальному процесі та наукових дослідженнях кафедри електромеханіки.

### **3. Наукова новизна отриманих результатів**

1. Розроблено чисельну польову математичну модель магнітної передачі, яка на відміну від існуючих враховує процеси перемагнічування сталевих та феромагнітних елементів магнітної передачі, що дозволяє проводити розрахунок магнітної системи з урахуванням повздовжніх кінцевих ефектів, втрат в елементах магнітної системи при різних частотах перемагнічування на підставі яких обґрунтовано рекомендації щодо конструктивного виконання елементів магнітної системи магнітної передачі та мінімального рівня пульсацій електромагнітного моменту.

2. Отримала подальший розвиток математична модель та методика розрахунку максимального електромагнітного моменту та аналізу гармонійного складу магнітного поля в немагнітних проміжках магнітної передачі в статичному режимі, на підставі яких обґрунтовано параметри імітаційної моделі та рекомендації щодо конфігурації елементів магнітопроводу та постійних магнітів магнітної передачі.

3. Вперше розроблено чисельну імітаційну модель системи перетворення низькопотенціальної механічної енергії в електричну на основі магнітної передачі у складі автономної вітроелектричної установки малої потужності, обґрунтовано його параметри та проведено оцінку його динамічних процесів, експлуатаційних показників, параметрів та характеристик при роботі у складі автономного вітроелектричного комплексу.

### **4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи.**

– розроблено методику дослідження динамічних параметрів магнітної передачі у складі автономної вітроелектричної установки малої потужності;

– розроблені в результаті виконання дисертаційної роботи чисельні математичні моделі та методики, підтвержені експериментальними дослідженнями, становлять методичну базу для проектування промислових магнітних передач з оптимальними параметрами;

– розроблено методику експериментального дослідження магнітної передачі у вигляді структурних алгоритмів, а також реалізований в експериментальному зразку магнітної передачі практичний доробок конструкторсько-технологічних рішень дає основу для подальших розробок;

– наукові та практичні результати дисертаційної роботи передано для використання у навчальному процесі та наукових дослідженнях кафедри електромеханіки факультету електроенергетехніки та автоматики Національного технічного університету України "КПІ ім. Ігоря Сікорського",

зокрема при підготовці студентів рівня "бакалавр" та "магістр" та при виконанні ініціативної НДР «Перетворення низькопотенційної кінетичної енергії в електричну».

**5. Апробація/використання результатів дисертації.** Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та були схвалені на: Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Сучасні проблеми електроенергетехніки та автоматики» (м. Київ, 2019, 2020, 2021 р. р.)

**6. Дотримання принципів академічної доброчесності.**

За результатами науково-технічної експертизи дисертація *Ткачука І.В.* визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

**7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.**

За результатами досліджень опубліковано 12 наукових публікацій, у тому числі:

- 9 статей у наукових фахових виданнях України за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»;

в т.ч.

- 9 статей у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;

- 2 статті у періодичних наукових виданнях проіндексованих у базах Scopus (Q2 та Q3);

- 3 тези виступів на наукових конференціях.

1. V. Chumack, V. Bazenov, Oks. Tymoshchuk, M. Kovalenko, S. Tsyvinskyi, Ih. Tkachuk. Voltage stabilization of a controlled autonomous magnetoelectric generator with a magnetic shunt and permanent magnet excitation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 6(5 (114), 56–62. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.246601> (SCOPUS, Q2). (Особистий внесок – створення математичної моделі)

2. Лихогуб, А., Коваленко, М., Ткачук, І., & Гончарук, А. (2021). Параметрична оптимізація торцевого магнітоелектричного генератора із подвійним статором. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика, (1 (5), 33–38. <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2021.1.06>. (Особистий внесок – оптимізація магнітної моделі генератора)

3. Ткачук, І., & Коваленко, М. (2021). Електромагнітні редуктори в електромеханічних системах. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика, (1 (5), 42–46. <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2021.1.08>. (Особистий внесок – створення 3D моделі та її розрахунок)

4. Chumack, V., Tsyvinskyi, S., Kovalenko, M., Ponomarev, A., & Tkachuk, I. (2020). Mathematical modeling of a synchronous generator with combined excitation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(5 (103)), 30–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.193495> (SCOPUS, Q3). (Особистий внесок – створення та розрахунок математичної моделі)

5. Чумак, В., Коваленко, М., Ткачук, І., & Коваленко, І. (2022). Порівняння синхронних генераторів для автономної бензинової установки. *Вісник НТУ «ХП»*. Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика, (2 (8)), 32–38. <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2022.2.06>. (Особистий внесок – проведення порівняльного аналізу синхронних генераторів різних модифікацій)

6. Kovalenko, M., Chumack, V., Kovalenko, I., Tkachuk, I., & Harford, A. (2023). Evaluation of magnetic gear parameters for autonomous wind installation with changing wind speed. *Electrical Engineering and Power Engineering*, (2), 32–42. <https://doi.org/10.15588/1607-6761-2023-2-4>. (Особистий внесок – створення та розрахунок математичної моделі магнітної передачі)

7. Чумак, В., Коваленко, М., Коваленко, І., & Ткачук, І. (2023). Математичне моделювання гібридного магнітного редуктора для автономної вітроустановки малої потужності. *Вісник НТУ «ХП»*. Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика, (1 (9)), 45–51. <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2023.1.07>. (Особистий внесок – створення 3D моделі редуктора та її подальший розрахунок)

8. Чумак, В., Коваленко, М., Коваленко, І., & Ткачук, І. (2023). Експериментальне дослідження універсального високошвидкісного колекторного двигуна змінного струму. *Вісник НТУ «ХП»*. Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика, (1 (9)), 39–44. <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2023.1.06>. (Особистий внесок – проведення експериментального дослідження електродвигуна)

9. Чумак, В., Коваленко, М., Коваленко, І., Ткачук, І., & Тимошук, О. (2023). Математичне моделювання безконтактного аксіального магнітоелектричного генератора із подвійним статором для електричних комплексів малої потужності. *Вісник НТУ «ХП»*. Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика, (2 (10)), 20–25. <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2023.2.04>. (Особистий внесок – створення та розрахунок математичної моделі магнітоелектричного двигуна)

10. Чумак В.В., Ткачук І.В., Коваленко М.А. Математичне моделювання лінійного двигуна для сепаратора лому кольорових металів. Статті та тези доповідей за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Сучасні

проблеми електроенерготехніки та автоматики. – Київ: ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С.331-336.

11. Чумак В.В., Ткачук І.В., Коваленко М.А., Святненко В.А. Electromagnetic gears in electromechanical systems. Статті та тези доповідей за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики. – Київ: ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С.234-238. (Особистий внесок – розрахунок магнітного редуктора)

12. Чумак В.В., Ткачук І.В., Коваленко М.А. Розробка математичної моделі магнітного редуктора з використанням Comsol Multiphysics. Статті та тези доповідей за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики. – Київ: ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – С. 291-296. (Особистий внесок – розробка математичної моделі магнітного редуктора)

Якість та кількість публікацій відповідають “Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44”.

**ВВАЖАТИ**, що дисертаційна робота Ткачука Ігора Валерійовича “ Електро механічна система для перетворення низькопотенціальної механічної енергії в електричну ”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 14 – Електрична інженерія, за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред’являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» зі спеціальності 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

#### **РЕКОМЕНДУВАТИ:**

1. Дисертаційну роботу “ Електро механічна система для перетворення низькопотенціальної механічної енергії в електричну”, подану Ткачуком Ігорем Валерійовичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри електромеханіки КПІ ім. Ігоря Сікорського Факультету електроенерготехніки та автоматики, **Шинкаренко Василь Федорович**;

Члени:

Рецензенти:

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електромеханіки КПІ ім. Ігоря Сікорського Факультету електроенерготехніки та автоматики, **Гайденко Юрій Антонович**;

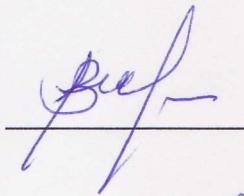
Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електромеханіки КПІ ім. Ігоря Сікорського Факультету електроенерготехніки та автоматики, **Гераскін Олександр Анатолійович**;

Офіційні опоненти:

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету, **Сотник Микола Іванович**;

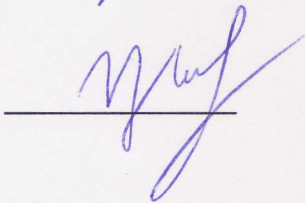
Доктор технічних наук, провідний науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу електромеханічних систем № 6 Інституту електродинаміки, **Гребеніков Віктор Володимирович**.

Головуючий на засіданні  
к.т.н., доц., завідувач  
кафедри електромеханіки



Вадим ЧУМАК

Вчений секретар  
кафедри електромеханіки  
к.т.н., доц.



Сергій ЦИВІНСЬКИЙ