

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U001665

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 24-04-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/60/24 від 04.07.2024 .



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ткачук Ігор Валерійович

2. Ihor V. Tkachuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 141

Назва наукової спеціальності: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Галузь / галузі знань: електрична інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Дата захисту: 10-06-2024

Спеціальність за освітою: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.002.147; ID 5426

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 45.29.33

Тема дисертації:

1. Електромеханічна система для перетворення низькопотенціальної механічної енергії в електричну
2. Electromechanical System for Conversion of Low-Potential Mechanical Energy into Electrical Energy

Реферат:

1. Дисертаційне дослідження присвячене дослідженню та вирішенню актуального наукового завдання, що полягає в розробці системи перетворення низькопотенціальної механічної енергії в електричну на основі магнітної передачі у складі автономної вітроустановки шляхом математичного та імітаційного моделювання. Проведено оцінку існуючих типів механічних передач та на основі цього аналізу вибрано оптимальний варіант магнітної передачі. Найбільш перспективними топологіями магнітних передач є планетарна, планетарна коаксіальна та циклоїдна. У планетарній передачі використовується приблизно 50% більше постійних магнітів, ніж у інших перспективних топологіях. Циклоїдна магнітна передача застосовна практично лише у двоступінчастому виконанні (планетарна передача за схемою 2k-h), що знижує її щільність моменту до двох раз. Принципова наявність ексцентриситету в циклоїдній магнітній передачі породжує

вібрації та некомпенсовані радіальні електромагнітні сили, що зменшують ресурс підшипників. Магнітні передачі коаксіальної планетарної топології можуть бути виконані з мінімальними радіальними електромагнітними силами, а співвісне розташування частин, що обертаються, дозволяє не вдаватися до додаткових пристроїв для зняття моменту з її вихідного валу як у циклоїдній передачі. Її недоліками є наявність пульсацій моменту і складна технологія виготовлення проміжного магнітного колеса (модулятора). Існуючі методики проектування магнітних передач відносяться до 1970-х років і вимагають значної переробки з урахуванням останніх досягнень як у галузі матеріалознавства, так і в галузі методів розрахунку магнітних систем. Існуючі сучасні методики моделювання та відомі результати досліджень магнітних передач не дають повного уявлення про складні електромагнітних та механічних процесів при перетворенні енергії та не дозволяють проводити проектування магнітних передач та достовірно оцінювати їх ефективність. В роботі розроблено математичну модель та методику розрахунку максимального моменту магнітної передачі та граничних станів магнітної системи в статичному режимі, які дозволяють обґрунтовано вибрати основні розміри магнітопроводів та постійних магнітів. Розроблено математичні моделі та методику аналізу гармонійного складу магнітного поля в немагнітних проміжках магнітної передачі, на підставі яких обґрунтовано вимоги щодо конструктивного виконання елементів магнітної системи, а також математичні моделі, що дозволяють проводити розрахунок магнітної системи з урахуванням крайових ефектів, на підставі якого обґрунтовано вимоги щодо розташування конструктивних елементів магнітних передач щодо їх магнітних систем. Розроблено аналітичну методику та чисельні математичні моделі для визначення основної частоти зубчастого моменту магнітної передачі, а також для розрахунку магнітних втрат у магнітній передачі та отримано кількісні оцінки впливу різних конструктивних рішень на її ефективність. В результаті виконання дослідження, що базуються на результатах польового та чисельного імітаційного моделювання запропоновано шляхи покращення показників магнітної передачі: - кожен полюс статора має бути відокремлений від сусіднього полюса електроізоляційною вставкою; - постійні магніти статора повинні бути поділені на електрично ізольовані сегменти в осьовому напрямку; - постійні магніти високошвидкісного ротора повинні бути поділені на сегменти як в осьовому, так і в радіальному напрямку; - сегменти низькошвидкісного ротора повинні бути електрично ізольованими один від одного та мати фаски. В дисертаційному дослідженні запропоновано підхід до складання динамічної макромоделі магнітної передачі та методику визначення її параметрів на основі даних польового розрахунку. На підставі запропонованої методики проведено моделювання різних режимів магнітної передачі при роботі на навантаження в Matlab/Simulink. Запропоновано спрощену лінеаризовану динамічну модель магнітної передачі, що дозволяє проводити оцінку власних частот коливань та параметрів згасання на початкових етапах проектування. За результатами моделювання виявлено ряд особливостей магнітної передачі під час роботи у перехідних режимах: • пульсації швидкості на високошвидкісному роторі більш ніж у передатне відношення разів менше, ніж на низькошвидкісному роторі; • початкові фази пульсацій швидкості на низько- та високошвидкісному роторах відрізняються, внаслідок чого спостерігається мінливість миттєвого значення передавального відношення у перехідних режимах; • частоти коливань та коефіцієнти загасання більшою мірою визначаються параметрами низькошвидкісного ротора магнітної передачі. Ключові слова. Низькопотенціальна механічна енергія, електромеханічна система, перетворення енергії, редуктор, магнітна передача, магнітний редуктор, постійні магніти, відновлювані джерела енергії, вітроелектрична установка, безмультіплікаційна вітроустановка, автономна вітроустановка, вітроелектрична станція, вітротурбіна, альтернативні джерела енергії, регульовальна характеристика.

2. The dissertation study is dedicated to investigating and solving the current scientific problem of developing a system for converting low-potential mechanical energy into electrical energy based on magnetic gears as part of an autonomous wind turbine through mathematical and simulation modeling. An assessment of existing types of mechanical gears was carried out, and based on this analysis, the optimal option of magnetic gears was selected. The most promising topologies of magnetic gears are planetary, coaxial planetary, and cycloidal. In planetary gears, approximately 50% more permanent magnets are used than in other promising topologies. The cycloidal magnetic gears is practically applicable only in a two-stage design (planetary gears according to the 2k-h scheme),

which reduces its torque density by two times. The presence of eccentricity in the cycloidal magnetic gears generates vibrations and uncompensated radial electromagnetic forces, reducing the bearing life. Existing design methodologies for magnetic gears date back to the 1970s and require significant reworking in light of the latest developments in both materials science and methods of magnetic system calculation. Existing modern methodologies for modeling and known research results of magnetic gears do not provide a complete understanding of the complex electromagnetic and mechanical processes during energy conversion and do not allow designing magnetic gears and reliably assessing their efficiency. A mathematical model and calculation method for the maximum torque of a magnetic transmission and the limiting states of the magnetic system in static mode were developed in the work, which allow substantiating the selection of the main dimensions of the magnetic cores and permanent magnets. Mathematical models and a method for analyzing the harmonic composition of the magnetic field in non-magnetic clearances of the magnetic transmission were developed, based on which the requirements for the constructive design of the elements of the magnetic system are substantiated, as well as mathematical models that allow calculating the magnetic system, taking into account edge effects, on the basis of which the requirements for the arrangement of constructive elements of magnetic gears regarding their magnetic systems are substantiated. An analytical methodology and numerical mathematical models for determining the fundamental frequency of the toothed torque of the magnetic transmission, as well as for calculating magnetic losses in the magnetic transmission, were proposed, and quantitative estimates of the influence of various design solutions on its efficiency were obtained. As a result of the research based on the results of field and numerical simulation modeling, ways to improve the performance of the magnetic transmission are proposed: - each stator pole should be separated from the adjacent pole by an electrically insulating insert; - the permanent magnets of the stator should be divided into electrically isolated segments in the axial direction; - the high-speed rotor permanent magnets should be divided into segments both in the axial and radial directions; - low-speed rotor segments should be electrically isolated from each other and have chamfers. In the dissertation research, an approach to the compilation of a dynamic macromodel of a magnetic transmission and a method for determining its parameters based on field calculation data was proposed. Based on the proposed methodology, modeling of various modes of a magnetic transmission during operation on the load in Matlab/Simulink was carried out. A simplified linearized dynamic model of a magnetic transmission was proposed, which allows evaluating natural frequencies of oscillations and damping parameters at the initial stages of design. Based on the modeling results, a number of features of the magnetic transmission during operation in transient modes were revealed: • speed pulsations on the high-speed rotor are more than times less than in the transmission ratio, than on the low-speed rotor; • the initial phases of speed pulsations on the low- and high-speed rotors differ, which leads to variability of the instantaneous value of the transmission ratio in transient modes; • vibration frequencies and damping coefficients are determined to a greater extent by the parameters of the low-speed rotor of the magnetic transmission. Keywords. Low-potential mechanical energy, electromechanical system, energy conversion, gearbox, magnetic transmission, magnetic gearbox, permanent magnets, renewable energy sources, wind turbine, direct-drive wind turbine, standalone wind turbine, wind power station, wind turbine generator, alternative energy sources, control characteristic.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Енергетика та енергоефективність

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Chumack, V., Bazenov, V., Tymoshchuk, O., Kovalenko, M., Tsyvinskyi, S., Kovalenko, I., & Tkachuk, I. (2021). 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Чумак, В., Коваленко, М., Ткачук, І., & Коваленко, І. (2022). Порівняння синхронних генераторів для автономної бензинової установки. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика*, (2 (8)), 32–38.
- 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.
- Чумак, В., Коваленко, М., Коваленко, І., & Ткачук, І. (2023). Математичне моделювання гібридного магнітного редуктора для автономної вітроустановки малої потужності. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика*, (1 (9)), 45–51.
- Чумак, В., Коваленко, М., Коваленко, І., & Ткачук, І. (2023). Експериментальне дослідження універсального високошвидкісного колекторного двигуна змінного струму. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика*, (1 (9)), 39–44.
- 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 «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика*, (2 (10)), 20–25.
- 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 електроенергетехніки та автоматики*. – Київ: ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С.331-336.
- 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 електроенергетехніки та автоматики*. – Київ: ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С.234-238.
- 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 електроенергетехніки та автоматики*. – Київ: ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – С. 291-296.

Наукова (науково-технічна) продукція: пристрої; методичні документи

Соціально-економічна спрямованість: поліпшення стану навколишнього середовища; економія енергоресурсів; зменшення зносу обладнання

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0122U201420

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Коваленко Михайло Анатолійович
2. Mykhailo A. Kovalenko

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.09.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5602-2001

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сотник Микола Іванович
2. Mykola I. Sotnyk

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.09.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4761-8161

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Харківська, буд. 116, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гребеніков Віктор Володимирович
2. Viktor V. Grebenikov

Кваліфікація: д.т.н., с.н.с., 05.09.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1114-1218

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гераскін Олександр Анатолійович

2. Oleksandr A. Geraskin

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.09.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4651-4579

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гайденко Юрій Антонович

2. Yuri A. Gaydenko

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.09.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5862-2812

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Шинкаренко Василь Федорович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Шинкаренко Василь Федорович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Ткачук Ігор Валерійович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна