УДК 621.313.84 **doi: 10.20998/2079-3944.2025.1.09**

М.А. КОВАЛЕНКО, М.О. РЕУЦЬКИЙ, І.Я. КОВАЛЕНКО, О.О. БАЗАРОВ, Є.О. ТІТОВ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОНОМНОЇ МАГНІТНОЇ ПЕРЕДАЧІ

Робота присвячена експериментальному дослідженню безконтактного електромеханічного перетворювача енергії із постійними магнітами – магнітної передачі. Магнітні передачі мають певні конструктивні переваги порівняно із механічними передачами, а саме: висока надійність, ефективність, менші втрати, безконтактна передача механічної потужності, відсутність витрат на технічне обслуговування, простота конструкції. Особливо актуальним є використання магнітних передач для систем перетворення низькопотенційної механічної енергії в електричну: енергія вітру, енергія води, енергія механічних коливань і т.ін. Застосування магнітних передач в автономних вітрових електростанціях може бути більш перспективним з економічної та технічної точок зору порівняно з традиційними механічними передачами. Для проведення експериментальних досліджень, на першому етапі даного дослідження, проведено розробку геометричної моделі магнітної передачі в системі автоматизованого проектування. Із використанням деталізованих креслень проведено друк основних конструктивних елементів магнітної передачі із застосуванням технологій тривимірного друку. Проведено монтаж магнітних сегментів модулятора магнітної передачі, постійних магнітів, валу, підшипників та підшипникових щитів. На основі розробленого макетного зразку магнітної передачі розроблено експериментальних стенд для дослідження магнітної передачі, з допомогою якого проведено ряд експериментальних досліджень: вимір швидкості обертання та передавального числа, втрат, нагріву та електромагнітного моменту. Проведені дослідження та розроблений електромеханічний стенд дозволяє проводити різноманітні дослідження магнітних передач, що дозволить підтвердити результати математичного моделювання та підтвердити чи спростувати результати наукових досліджень.

Ключові слова: магнітна передача, експериментальні дослідження, постійні магніти, електромеханічний перетворювач, методика дослідження.

M. A. KOVALENKO, M. O. REUTSKYI, I. Y. KOVALENKO, O. O. BAZAROV, Y. O. TITOV

EXPERIMENTAL STUDY OF AUTONOMOUS MAGNETIC TRANSMISSION

The work is devoted to the experimental study of a non-contact electromechanical energy converter with permanent magnets - magnetic transmission. Magnetic transmissions have certain design advantages compared to mechanical transmissions, namely: high reliability, efficiency, lower losses, non-contact transmission of mechanical power, no maintenance costs, and simplicity of design. The use of magnetic transmissions for systems of conversion of low-potential mechanical energy into electrical energy is especially relevant: wind energy, water energy, energy of mechanical vibrations, etc. The application of magnetic transmissions in autonomous wind power plants can be more promising from the economic and technical point of view compared to traditional mechanical transmissions. In order to conduct experimental studies, at the first stage of this study, a geometric model of magnetic transmission was developed in the automated design system. With the use of detailed drawings, the main structural elements of the magnetic transmission were printed using three-dimensional printing technologies. Magnetic segments of the magnetic transmission modulator, permanent magnets, shaft, bearings and bearing shields were installed. On the basis of the developed mock-up sample of the magnetic transmission, an experimental stand for the study of magnetic transmission was developed, with the help of which a number of experimental studies were carried out: measurement of rotation speed and gear ratio, losses, heating and electromagnetic moment. The conducted studies and the developed electromechanical stand allow conducting various studies of magnetic transmissions, which will allow to confirm the results of mathematical modeling and to confirm or refute the results of scientific studies.

Keywords: magnetic transmission, experimental research, permanent magnets, electromechanical converter, research methodology.

Вступ. В останні десятиліття в усьому світі активно проводяться дослідження та впровадження нового класу електромеханічних перетворювачів енергії – магнітних передач [1-3]. Їх розробка стала можливою завдяки підвищенню потужності та створенню нових типів постійних магнітів з високою коерцитивною силою. Магнітні передачі знаходять застосування в таких галузях, як вітроенергетика, важкий, середній та легкий автотранспорт, суднобудування, нафтовидобуток, хімічна та харчова промисловість. Вони використовуються у механізмах з низькою швидкістю обертання, де частота обертання валу відносно невисока [4-5].

Магнітні редуктори мають великий потенціал для застосування в автономних вітрових електростанціях. Зазвичай у вітрових турбінах застосовують механічні мультиплікатори для перетворення низької швидкості обертання лопатей у високу швидкість генератора. Проте, механічні передачі характеризуються такими недоліками, як низька надійність та необхідність регулярного обслуговування [6-9]. Магнітні передачі є більш ефективною та менш затратною альтернативою для конверсії енергії [10, 11].

Таким чином, використання магнітних редукторів у автономних вітрових електростанціях є більш перспективним як з економічної, так і з технічної точки зору порівняно з традиційними механічними передачами [12-17].

Відомо, що для зменшення розмірів електричних машин слід збільшувати їх номінальну швидкість, що вимагає використання мультиплікаторів [18]. Перевага цього підходу полягає в тому, що номінальний механічний момент зубчастої передачі значно перевищує аналогічний показник сучасних синхронних електричних машин з постійними магнітами [19, 20], що дає змогу отримати вищу продуктивність у високошвидкісних електричних машинах у порівнянні з прямим приводом [21].

Механічні передачі мають свої недоліки: низька надійність, потреба в змащуванні, високий рівень шуму, ризик пожежі та обмежена здатність до перевантажень. Важливим завданням у сфері електромеханіки є розробка нових пристроїв, які усували б ці недоліки, зберігаючи переваги передач. Одним із таких рішень є магнітна передача, де крутний момент передається через магнітні поля, а не механічний контакт [22]. Це дозволяє досягти безконтактного перетворення швидкості та крутного моменту, усуваючи деякі недоліки механічних передач, зберігаючи при цьому компактні розміри.

© М.А. Коваленко, М.О. Реуцький, І.Я. Коваленко, О.О. Базаров, Є.О. Тітов, 2025

Актуальність. Магнітні передачі є відносно новим класом електромеханічних перетворювачів енергії, які мають низку функціональних переваг перед аналогічними зубчатими передачами. Це обумовлює можливість їх використання в різноманітних галузях техніки та пристроях.

Актуальним напрямком є проведення експериментальних досліджень магнітних передач, які використовуються в якості передавального елементу в автономних вітроелектричних системах. Це проводиться за рахунок використання спеціально розробленого експериментального стенду, який враховує особливості роботи таких передач. Виконання таких досліджень часто потребує застосування специфічного обладнання та пристроїв: частотного перетворювача або ПІД-регулятора постійного струму, чутливого давача швидкості до 30000 об/хв, давача магнітного потоку (необхідного для вимірювання магнітної індукції в конструктивних елементах магнітної передачі), тепловізійних пристроїв, системи навантаження та виміру крутного моменту.

Окремим завданням експериментального дослідження таких передач є підтвердження, визначення та уточнення їх технічних характеристик та параметрів: втрат, ККД, швидкості обертання, передавального зусилля і т. ін. Обумовлено це невідповідністю зазначених паспортних даних електродвигуна його реальним показникам.

Однією із задач даної роботи є розробка експериментального стенду для дослідження магнітної передачі та проведення експериментальних досліджень на зразку магнітної передачі.

Метою роботи є розробка експериментального стенду магнітної передачі для оцінки її параметрів та характеристик.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є магнітна передача побудована для варіанта магнітної системи магнітної передачі, виконаної за коаксіальною планетарною топологією. Основні розміри магнітної системи досліджуваної передачі наведено на рис. 1.

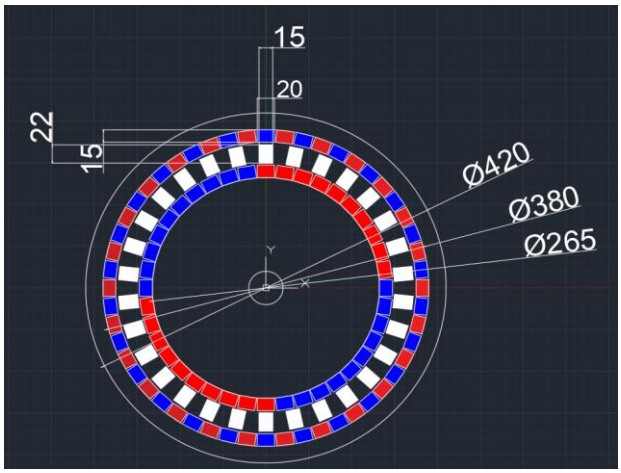


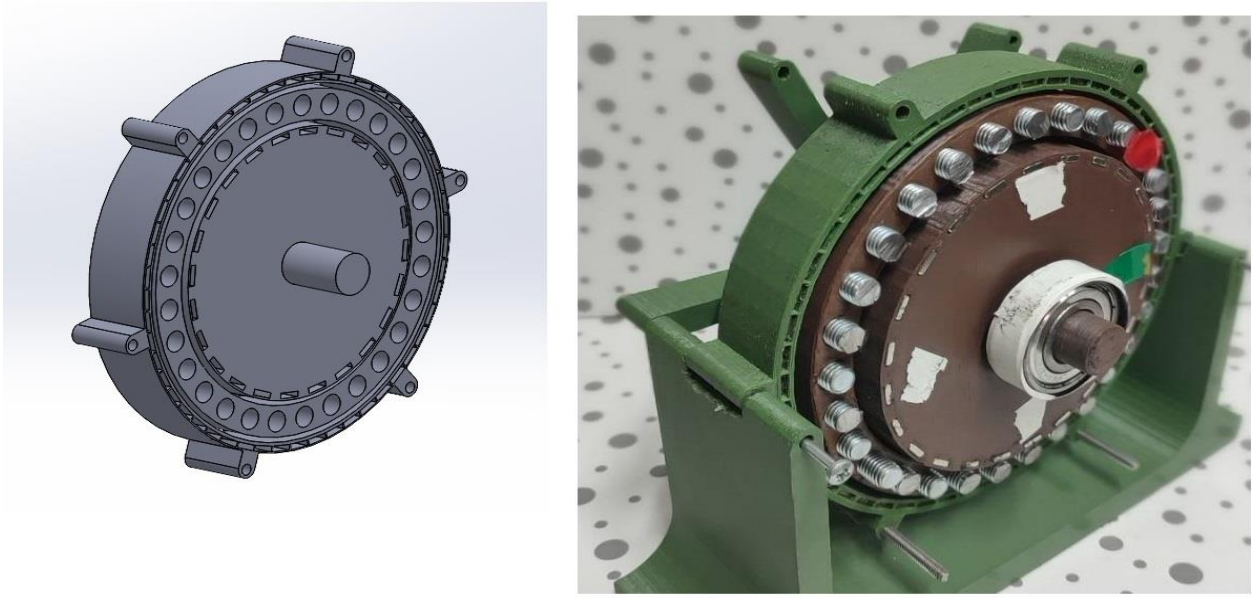
Рис. 1. Основні розміри магнітної системи досліджуваного варіанта магнітної передачі

Експериментальний зразок магнітної передачі розроблено в рамках виконання даного дослідження з подальшим виготовленням і монтажем в спеціалізованій лабораторії. Основні параметри та геометричні дані експериментального зразка магнітної передачі зведені в табл. 1. У зв'язку з високою вартістю розробки реального макетного зразка (в металі, з виконанням повноцінного магнітного осердя із електротехнічної сталі) магнітної передачі, в даному дослідженні показано результати випробування магнітної передачі, виготовленої з використанням технології тривимірного друку, а з метою заощадження матеріально-технічних ресурсів всі немагнітопровідні елементи магнітної передачі виготовлені з ABS пластику із пропорційним зменшенням масштабу відносно прототипу, дані якого неведені в роботах авторів [23].

Таблиця 1 – Основні розрахункові параметри експериментального зразка магнітної передачі

Основні параметри	Розрахункові значення	Дані прототипу
Максимальний електромагнітний момент, Нм	66	0,137
Аксіальна довжина, мм	80	30
Передавальне відношення	8,667	8,73
Кількість пар полюсів швидкохідного ротора	3	3
Кількість пар полюсів тихохідного ротора	26	26
Кількість сталевих сегментів модулятора	29	29
Ширина феромагнітних вставок модулятора, мм	12	12
Швидкість обертання внутрішнього (швидкохідного) ротора, об/хв	1735	1735
Швидкість обертання зовнішнього (тихохідного) ротора, об/хв	200	200
Ширина повітряного проміжку, мм	4	4
Електропровідність постійних магнітів, МСм/м	0,56	0,56
Електропровідність Samoloy, МСм/м	0,14	0,14
Висота постійних магнітів, bmag, мм	22	22

Загальний вигляд експериментального зразку магнітної передачі, побудований за даними, наведеними в табл. 1 представлений на рис. 2.



а) б)

а – 3D модель; б – загальний вигляд
Рис. 2. Експериментальний зразок магнітної передачі

Загальний опис конструкції експериментального зразка. Експериментальні дослідження магнітної передачі неможливі без попереднього виготовлення реального зразка магнітної передачі. Процес розробки макетного зразка магнітної передачі поділено на декілька етапів, що описано далі в рамках даної роботи. На першому етапі розробки, створено модель експериментального зразка магнітної передачі в пакеті програм 3D моделювання м. SolidWorks – потужна програма для 3D-моделювання, яка дозволяє створювати різні об'єкти на основі ескізів, параметричних поверхонь та деталей. Конструктивно магнітна передача складається з 3 основних частин, які показано на рис. 3.

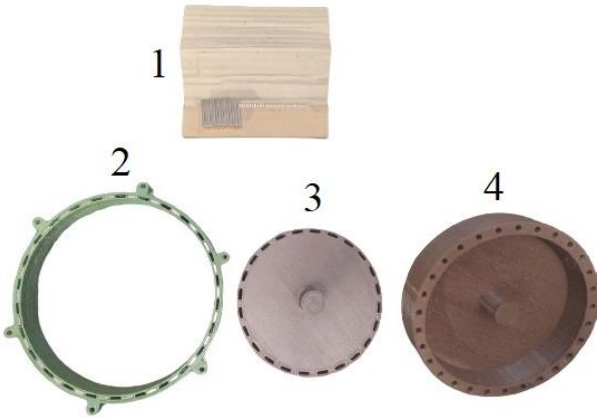


Рис. 3. Основні конструктивні елементи досліджуваної магнітної передачі

На рис. 3 показано: 2 – зовнішній ротор, 3 – внутрішній ротор, 4 – модулятор, та 1 – постійні магніти, які використовувалися в експериментальному зразку. У конструкції модулятора передбачено прямокутні (або круглі) отвори, що призначені для монтажу феромагнітних сегментів магнітного модулятора (на рис. 3 не показані). На другому етапі за допомогою 3д принтеру ANYCUBIC 4MAX FORMAX PRO проведено друк всіх комплектуючих. На третьому етапі проведено монтаж магнітів у свої пази та подальший збір магнітної передачі в єдиний електромеханічний модуль.

На рис. 4 показано основні частини магнітної передачі на етапі моделювання в програмному пакеті SolidWorks в режимі збірки та реально змонтованого зразка магнітної передачі.

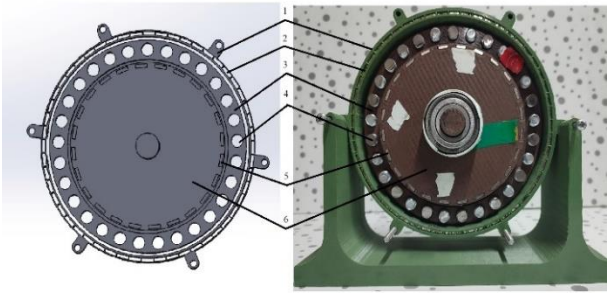


Рис. 4. Основні частини магнітної передачі

На рис. 4 показано: 1 – корпус зовнішнього ротора; 2 – магніти зовнішнього ротора; 3 – корпус модулятора; 4 – магнітопровідні секції модулятора; 5 – постійні магніти внутрішнього ротора; 6 – корпус внутрішнього ротора.

В зовнішньому роторі передбачено 52 пази та у внутрішньому 24 пази для постійних магнітів марки NdFeB, №38. Магнітопровідні секції модулятора являють собою сталь марки сталь 3.

При роботі магнітної передачі на номінальних швидкостях обертання (2500 – 3000 об/хв) високошвидкісного ротора в електропровідних елементах магнітної передачі наводяться значні за величиною вихрові струми. Особливо це стосується нерухомого модулятора магнітного потоку, який виготовляється з магнітопровідного та електропровідного матеріалу (сталь). У випадку виготовлення феромагнітних елементів

магнітного модулятора у вигляді масивних елементів в них наводяться значні за величиною вихрові струми, призводить до виникнення значних поверхневих втрат та підвищеного нагріву. Для зменшення впливу цього явища необхідно виконувати сегменти модулятора магнітного потоку шихтованим, з окремих пластин електротехнічної сталі. При розробці дослідного експериментального зразка магнітної передачі, що представлений в даній роботі, використовувались масивні магнітопровідні елементи в конструкції модулятора магнітного потоку, з метою спрощення та зменшення вартості конструкції дослідного зразку.

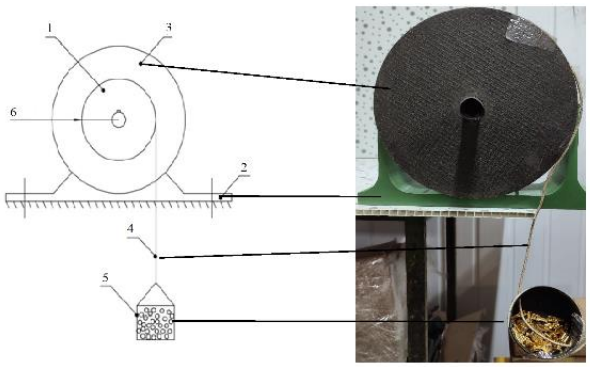
Окремі сегменти модулятора магнітного потоку досліджуваної передачі необхідно відділяти одна від одної легким, немагнітним, неелектропровідним матеріалом таким як пластик, міцні клеї, композитні матеріали, карбоно-кобальтові конструкції. Немагнітні властивості вставок використовуються для того, щоб відокремити один від одного елементи модулятора і не допустити шунтування магнітного потоку від внутрішнього та зовнішнього роторів магнітної передачі. Неелектропровідним матеріал повинен виконуватись з метою зниження втрат в магнітній передачі, зменшення нагріву та збільшення коефіцієнта корисної дії. Однак, необхідно враховувати той факт, що матеріал між феромагнітними сегментами модулятора повинен мати досить високу механічну міцність, оскільки він, як правило, є нерухомим і на нього діють значні по величині електромагнітні зусилля.

Методика та результати вимірювання максимального електромагнітного моменту. Максимальний момент експериментального зразка магнітної передачі визначався на експериментальній установці, зображеній на рис. 5. Для проведення експерименту магнітну передачу 1 закріплюється на нерухомій підставі 2. До швидкохідного валу магнітної передачі приєднаний шків 3 радіусом 150 мм, на який намотана тонка нитка 4. До нитки 4, своєю чергою, прикріплений тонкостінна посудина 5. У посудину 5 додавався малими порціями вантаж до моменту «зриву» (досягнення максимального електромагнітного моменту). Після даної операції проводиться вимір маси посудини з піском за допомогою електронних вагів. При цьому середній максимальний електромагнітний момент високошвидкісного ротора:

$$T_{\text{в}\,max} = m_r \cdot g \cdot R_{\text{шк}} = 93 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}81 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 0{,}137\ \text{Н} \cdot \text{м}, \quad (1)$$

де m_r – маса вантажу, кг;

$R_{\text{шк}}$ – радіус шків, м.



1 – магнітна передача; 2 – основа; 3 – шків; 4 – нитка; 5 – вантаж; 6 – $R_{\text{шківа}}$

Рис. 5. Експериментальна установка для визначення максимального електромагнітного моменту

Проведено сім експериментів за різних положень роторів щодо статора, результати яких наведені в Табл. 2. Середнє значення маси судини з піском склало 93г.

Таблиця 2 – Результати експерименту по визначенню максимального моменту

Номер експерименту	1	2	3	4	5	6	7	Середнє значення
Маса вантажу, г	97	90	93	94	89	91	95	93

Методика та результати досліджень в режимі неробочого ходу. У робочому режимі магнітна передача виступає у ролі перетворювача механічної енергії, змінюючи частоту обертання та момент. При цьому вона повинна бути здатна пропускати через себе потік механічної потужності, що проходить від джерела до споживача. Визначення здатності функціонувати у робочому режимі досліджено на лабораторному стенді (рис. 6).

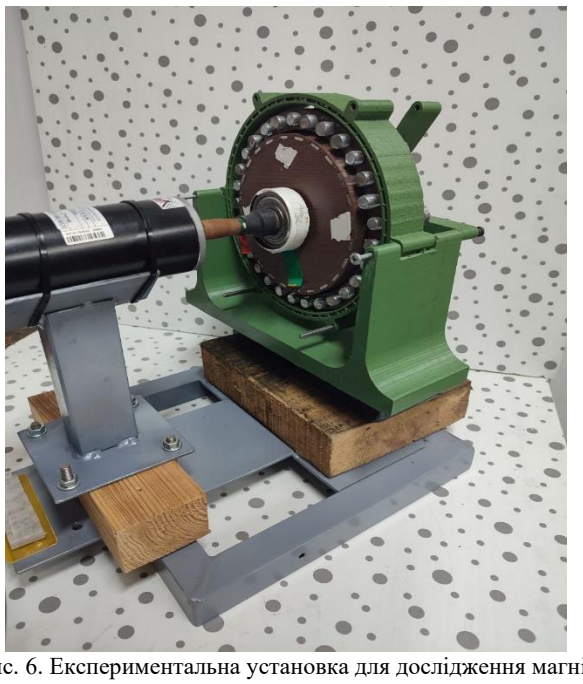


Рис. 6. Експериментальна установка для дослідження магнітної передачі в робочому режимі

Стенд для проведення лабораторних досліджень отримує живлення від мережі постійного струму 12 В. В якості приводу використовується двигун DCM 50207D – 1000. Керування швидкістю обертання двигуна відбувається за допомогою транзисторного DC регулятора. Визначення швидкості обертання двигуна та високошвидкісного ротору магнітної передачі відбувалося за допомогою лазерного безконтактного тахометру UNI-T UT373.

Для визначення передавального коефіцієнту було проведено низку дослідів з різною швидкістю обертання вхідного валу. Для спрощення проведення досліду вхідну швидкість було прикладено до високошвидкісного ротору магнітної передачі і в такому випадку магнітоелектричний модуль працює в режимі редуктора. Результати дослідів зведено в табл. 3 та графічно показано на рис. 7.

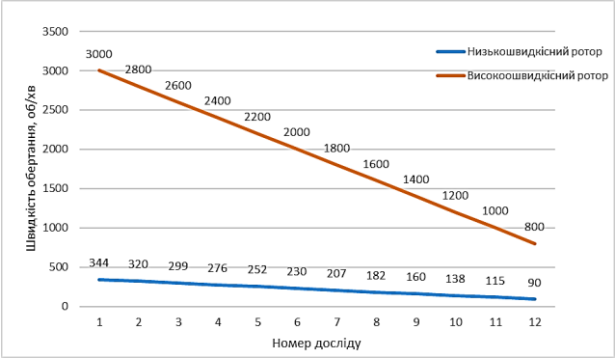


Рис. 7. Швидкісна характеристика досліджуваної магнітної передачі

Таблиця 3 – Результати експерименту по визначенню передавального коефіцієнту

Номер експерименту	Високошвидкісний ротор, об/хв	Низькошвидкісний ротор, об/хв
1	3000	344
2	2800	320
3	2600	299
4	2400	276
5	2200	252
6	2000	230
7	1800	207
8	1600	182
9	1400	160
10	1200	138
11	1000	115
12	800	90

Передавальний коефіцієнт визначається за відношенням :

$$i = \frac{w_{\text{вис}}}{w_{\text{низ}}}. \qquad (2)$$

За даними дослідження передавальні коефіцієнти зведено в табл. 4.

Таблиця 4 – Визначення передавального коефіцієнту

Номер експерименту	1	2	3	4	5	6	7	8	9
i	8,7	8,7	8,6	8,6	8,7	8,6	8,6	8,7	8,7

Середнє значення передавального коефіцієнту:

$$i_{\text{сер}} = \frac{i_1 + \cdots + i_{12}}{\text{кількість дослідів}} = \frac{104{,}76}{12} = 8{,}73 \qquad (3)$$

Передавальний коефіцієнт відрізняється від розрахованого на 0,72%. Дане відхилення можливе за рахунок похибки вимірювання швидкості.

Висновки.

1. На підставі отриманих розрахункових даних розроблено графічну модель магнітної передачі в системі автоматизованого проектування, розроблено конструктивні рішення, застосовані для виготовлення експериментального зразку магнітної передачі.

2. Розроблено методику проведення експериментальних досліджень магнітної передачі, на підставі якої проведено ряд вимірювань, підтвердили як дані проведених теоретичних досліджень, так і працездатність експериментального зразка магнітної передачі як перетворювача параметрів механічної енергії.

3. Отримані результати визначення втрат потужності показали, що крім магнітних втрат у магнітній системі, значну частину загальних втрат потужності складають механічні втрати в підшипниках, спричинені підвищеним навантаженням на них внаслідок наявності некомпенсованих радіальних електромагнітних зусиль, а також магнітні втрати в елементах конструкції, спричинені вираженими кінцевими ефектами.

References:

1. Zheng Ma, Jingwei Ai, Yamei Yue, Kun Wang, Bin Su, A superhydrophobic magnetoelectric generator for high-performance conversion from raindrops to electricity, Nano Energy, Volume 83, 2021, 105846, ISSN 2211-2855, https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2021.105846.
2. Radwan-Pragłowska, N., Wegiel, T., Borkowski, D. (2020). Modeling of Axial Flux Permanent Magnet Generators. Energies, no.13(21),5741-5745. https://doi.org/10.3390/en13215741.
3. Sadullaev, N & Nematov, Sh & Sayliev, F. (2022). Evaluation of the technical parameters of the generator for efficient electricity generation in low-speed wind and water flows. Journal of Physics: Conference Series. 2388. 012142. 10.1088/1742-6596/2388/1/012142.
4. S. Djebarri, J. F. Charpentier, F. Sculiller and M. Benbouzid, "Design and Performance Analysis of Double Stator Axial Flux PM Generator for Rim Driven Marine Current Turbines," in *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, vol. 41, no. 1, pp. 50-66, Jan. 2016, doi: 10.1109/JOE.2015.2407691.
5. M. A. Noroozi Dehdez and J. Milimonfared, "A Novel Radial–Axial Flux Switching Permanent Magnet Generator," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 69, no. 12, pp. 12096-12106, Dec. 2022, doi: 10.1109/TIE.2021.3128901.
6. F. Yu et al., "Design and Multiobjective Optimization of a Double-Stator Axial Flux SRM With Full-Pitch Winding Configuration," in IEEE Transactions on Transportation Electrification, vol. 8, no. 4, pp. 4348-4364, Dec. 2022, doi: 10.1109/TTE.2022.3173938.
7. J. Zhao, Y. Wang, J. Li and H. Hu, "Comparative Study on Torque Performance of Five-phase Single-Stator and Double-Stator Permanent Magnet Synchronous Motors," in CES Transactions on Electrical Machines and Systems, vol. 6, no. 1, pp. 46-52, March 2022, doi: 10.30941/CESTEMS.2022.00007.
8. Sun, Y. & Yu, F. & Yuan, Y. & Huang, Z. & Huang, Y. & Zhu, Z. (2019). A Hybrid Double Stator Bearingless Switched Reluctance Motor. Diangong Jishu Xuebao/Transactions of China Electrotechnical Society. 34. 1-10. 10.19595/j.cnki.1000-6753.tces.L80363.
9. Cendoya, M. & Talpone, Juan & Puleston, P.F. & Barrado, José Antonio & Martinez-Salamero, L. & Battaiotto, P.E. (2021). Management of a Dual-Bus AC+DC Microgrid Based on a Wind Turbine with Double Stator Induction Generator. Wseas transactions on power systems. 16. 297-307. 10.37394/232016.2021.16.30.

10. Li, Zheng et al. ‘Design and Analysis of Underwater Power Generation Characteristics of Deflected Double-stator Switched Reluctance Generator’. 1 Jan. 2022 : 1 – 20.
11. Widyanto, Aji & Ariwidayat, Rahmat & Husnayaian, Faiz & Rahardjo, Amien & Utomo, A.R. & Ardita, I. (2022). Designing Air-Cored Axial Flux Permanent Magnet Generator with Double Rotor. ELKHA. 14. 46. 10.26418/elkha.v14i1.53048.
12. Ostroverkhov, M., Chumack, V., Falchenko, M., & Kovalenko, M. (2022). Development of control algorithms for magnetoelectric generator with axial magnetic flux and double stator based on mathematical modeling. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, *6* (5 (120), 6–17. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267265.
13. V.M. Golovko, M.Ya. Ostroverkhov, M.A. Kovalenko, I.Ya. Kovalenko, D.V. Tsyplenkov Mathematical simulation of autonomous wind electric installation with magnetoelectric generator // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2022, (5): 074 – 079. https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-5/074.
14. Setyawan, E. Y., Soleh, C., Krismanto, A. U., Sujana, I. W., Djiwo, S., & Prihatmi, T. N. (2022). Design and Performance Analysis of Double Axial Flux Permanent Magnet Generator. *Trends in Sciences*, *19*(6), 3049. https://doi.org/10.48048/tis.2022.3049
15. Prasetijo, Hari. (2022). Pengaruh Inti Stator Terhadap Performa Generator Magnet Permanen Fluks Aksial Satu Fasa. JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi). 6. 165. 10.30595/jrst.v6i2.13668.
16. Wirtayasa, Ketut & Irasari, Pudji & Kasim, Muhammad & Widiyanto, Puji & Hikmawan, Muhammad. (2019). Load characteristic analysis of a double-side internal coreless stator axial flux PMG. Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology. 10. 17. 10.14203/j.mev.2019.v10.17-23.
17. Lee, J.-Y.; Lee, J.-H.; Nguyen, T.K. Axial-Flux Permanent-Magnet Generator Design for Hybrid Electric Propulsion Drone Applications. *Energies* **2021**, *14*, 8509. https://doi.org/10.3390/en14248509
18. Tokgoz, Furkan. (2022). Analytical Modelling and Multi-Objective Optimization of Axial-Flux Permanent Magnet Machine with Various PCB Stators and Development of a GaN Switched Integrated Motor Drive PCB Motor.
19. Kastawan, I & Rusmana,. (2020). Pengujian pembangkitan tegangan generator axial-flux permanent magnet (AFPM) tiga-fasa ganda. Jurnal Teknik Energi. 6. 503-509. 10.35313/energi.v6i2.1713.
20. Asfirane, S., Hlioui, S., Amara, Y., Gabsi, M. (2019). Study of a Hybrid Excitation Synchronous Machine: Modeling and Experimental Validation. Mathematical and Computational Applications, 24 (2), 34. doi: https://doi.org/10.3390/mca24020034
21. Wardach, M., Bonislawski, M., Palka, R., Paplicki, P., Prajzendanc, P. (2019). Hybrid Excited Synchronous Machine with Wireless Supply Control System. Energies, 12 (16), 3153. doi: https://doi.org/10.3390/en12163153
22. Chumack, Vadim and Bazenov, Volodymyr and Tymoshchuk, Oksana and Kovalenko, Mykhailo and Tsyvinskyi, Serhii and Kovalenko, Iryna and Tkachuk, Ihor, Voltage stabilization of a controlled autonomous magnetoelectric generator with a magnetic shunt and permanent magnet excitation (2021). Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(5 (114), 56–62. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.246601 (ISSN 1729-3774).

Надійшла (received) 25.10.2024

Відомості про авторів / About the authors

Коваленко Михайло Анатолійович (Kovalenko Mykhaylo) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", доцент кафедри електромеханіки; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5602-2001; e-mail: kovalenko_ma@i.ua.

Реуцький Микола Олександрович (Reutskyi Mykola) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", доцент кафедри електромеханіки; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1870-2222; e-mail: rmo318@i.ua.

Коваленко Ірина Яківна (Kovalenko Iryna) – асистент, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", аспірант кафедри нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1097-2041; e-mail: 2048141@ukr.net.

Тітов Єгор Олександрович (Titov Yehor) – аспірант, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", аспірант кафедри електромеханіки, https://orcid.org/0009-0007-8222-7477; e-mail: egor.shabadash@gmail.com.

Базаров Олег Олександрович (Bazarov Oleh) – аспірант, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", аспірант кафедри електромеханіки, https://orcid.org/0009-0008-8491-2678; e-mail: bazarov.oleh@gmail.com.