

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Ткачука Ігоря Валерійовича  
на тему «Електромеханічна система для перетворення  
низькопотенціальної  
механічної енергії в електричну»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 14 Електрична інженерія  
за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

### **Актуальність теми дисертації.**

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.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

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.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Ткачука І.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям 14 «Електрична інженерія».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Ткачука Ігоря Валерійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота написана українською мовою. Дослідження виконано відповідно до основної теми роботи і представлено в послідовній та доступній формі. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та списку літератури.

У *вступі* дисертаційної роботи розглянуто актуальність теми, визначено мету та завдання дослідження, сформульовано наукову новизну отриманих результатів та їхнє практичне значення. Також вказано особистий внесок здобувача і наведено апробацію отриманих результатів.

У *першому* розділі Ткачук І.В. аналізує літературні джерела, що стосуються теми дослідження дисертації, та представляє відомі топології магнітних передач. У ході дисертаційного дослідження виконується порівняльний аналіз різних типів магнітних передач та вибір найбільш перспективної топології для подальшого дослідження. Найбільш перспективними топологіями магнітних передач є планетарна, планетарна коаксіальна та циклоїдна. Циклоїдна магнітна передача застосовується на практиці лише у двоступінчастому виконанні, що знижує щільність її моменту в два рази. Принципова наявність ексцентриситету циклоїдної магнітної



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 циклоїдної передачі. Її недоліками є наявність пульсацій моменту і складна технологія виготовлення модулятора.

У *другому* розділі розроблено двовимірну польову математичну модель магнітної передачі для роботи у складі вітроустановки малої потужності. За допомогою розробленої моделі проведено аналіз електромагнітного поля, параметрів та характеристик магнітної передачі при постійній та змінній швидкості обертання. При зміні швидкості вітру змінюється швидкість обертання магнітної передачі і відповідні величини електромагнітних моментів високошвидкісного та низькошвидкісного роторів магнітної передачі. В даному дослідженні показано, що магнітна система передачі не досягає насичення. При цьому середні значення магнітної індукції в конструктивних елементах передачі залишаються в межах допустимих значень для використовуваних матеріалів та марок сталі. Нерівномірний розподіл індукції вздовж середньої лінії в повітряному проміжку пояснюється наявністю модулятора, який є дискретним елементом в конструкції будь-якої магнітної передачі. Отримано оптимальну конфігурацію постійних магнітів та феромагнітних елементів модулятора для досягнення максимальної ефективності та зниження пульсацій електромагнітного моменту.

У *третьому* розділі розроблено чисельну імітаційну математичну модель магнітної передачі, що працює у складі з автономною вітроелектричною установкою з генератором із постійними магнітами. Використання магнітної передачі для автономних вітроелектричних систем дозволяє підвищити надійність роботи таких установок, зменшити експлуатаційні витрати та підвищити ефективність їх роботи. В аварійних режимах роботи використання магнітної передачі дозволяє уникнути руйнувань або аварійних зупинок роботи електрообладнання. Розроблена імітаційна модель магнітної передачі враховує пульсації електромагнітного моменту через дискретну структуру магнітної передачі та зміну параметрів моделі при зміні вхідного моменту: пульсацій, втрат в магнітному осерді та постійних магнітах, зміну кута навантаження та передавального електромагнітного моменту. Особливістю розробленої моделі системи магнітної передачі є те, що зміна навантаження генератора електричної енергії призводить до зміни робочої точки на механічній характеристиці ротора вітроустановки. І навпаки, при зміні параметрів вітру змінюються вихідні параметри джерела електричної енергії : потужність, напруга, струм та електромагнітний момент.



У четвертому розділі 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 перетворювач параметрів механічної енергії.

Таким чином, Ткачук І.В., провівши сукупність наукових досліджень, спираючись на сучасні методи досліджень і технічні засоби, розв'язав поставлені ним задачі і досяг поставлену в роботі мету.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Рукопис характеризується доступністю викладення результатів дослідження.

Матеріал викладено послідовно і логічно з використанням загальноприйнятої термінології.

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені у 12 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 9 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 2 статей у виданнях, віднесених до другого та третього кuartилів (Q2 та Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 3 наукових фахових конференціях.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. У темі і в меті дисертаційного дослідження задекларовано «Розробку електромеханічної системи перетворення низькопотенціальної енергії в електричну», але поняття структура і складові зазначеної системи не конкретизуються в основних розділах дисертації (розділи 2, 3 та 4) та не аналізуються.

2. У першому пункті наукової новизни зазначається про математичну модель, яка дозволяє враховувати поздовжні кінцеві ефекти в елементах магнітної системи, але про які саме ефекти іде мова не вказано, та не наведено яка саме фізична природа зазначених ефектів.



3. Некоректно ставити у висновках до розділу 1 завдання проведення патентно-інформаційних досліджень, адже уточнення завдань досліджень здійснюється за результатами аналізу літератури.

4. Дещо перевантажено обсяг оглядового розділу 1. На жаль, не наведено конкретних прикладів практичного використання і результатів експлуатації магнітних передач у складі ВЕУ.

5. Мають місце орфографічні помилки і неточності.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Ткачука Ігоря Валерійовича на тему «Електромеханічна система для перетворення низькопотенціальної механічної енергії в електричну» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 14 «Електрична інженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «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.

Здобувач Ткачук Ігор Валерійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

### **Офіційний опонент:**

Завідувач кафедри  
Прикладної гідроаеромеханіки,  
СумДУ,  
професор, доктор технічних наук



Микола СОТНИК

