

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента доктора технічних наук, професора**

**Фінкельштейна Володимира Борисовича**

**на дисертаційну роботу**

**Пальчикова Олега Олеговича**

**«Оптимізація технічного рівня індукційних електромеханічних та**

**статичних перетворювачів з обертовим магнітним полем»,**

**що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук**

**за спеціальністю 05.09.01 – електричні машини й апарати.**

### **1. Актуальність теми дисертації і її зв'язок з науковими програмами, планами, темами**

Однією з основних тенденцій в розвитку електромашинобудування є удосконалення методів проектування загальнопромислових індукційних перетворювачів, а також розробка математичних моделей спеціальних індукційних перетворювачів, що в загальному випадку відрізняються типом електромагнітної системи, для покращення їх масогабаритних, вартісних та енергетичних характеристик і модернізації. Поряд з тим відсутні методи, що дозволяють теоретично обґрунтувати доцільність використання того чи іншого варіанта електромагнітної системи індукційного перетворювача. Саме це обумовлює актуальність теми дисертаційної роботи.

Дослідження за темою дисертації проводилися у відповідності до держбюджетної науково-дослідної теми МОН України «Розробка судових систем генерування та перетворення електроенергії для підвищення ефективності та покращення електромагнітної сумісності», в якій здобувач брав участь як співвиконавець.

### **2. Оцінка змісту дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Основний зміст дисертації складають 153 сторінки друкованого тексту, що містить вступ,

шість розділів та висновки. У вступі викладено актуальність теми, її зв'язок з науковими темами, мета і задачі дисертаційної роботи, наукова новизна та практичне значення результатів дослідження у баченні здобувача, публікації із зазначенням особистого внеску та апробації на конференціях. Розділ перший присвячений аналізу спеціальних конструкцій асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором, а також варіантів трансформаторів для перетворення кількості фаз та рівня напруги. Також здійснено постановку задачі дослідження. Розділ другий присвячено аналізу сучасних способів організації оптимального проектування індукційних перетворювачів, а також розробці математичних моделей показників сталого режиму роботи варіантів асинхронних двигунів з внутрішнім короткозамкненим ротором. У третьому розділі розроблено математичні моделі показників сталого режиму роботи варіантів асинхронних двигунів з зовнішнім короткозамкненим ротором та визначені оптимальні геометричні співвідношення. Доведено перевірку адекватності вказаних моделей результатами випробувань та виробництва двигуна АДВР-1,1/4.ОМ.4. Виконано порівняння за частковими критеріями асинхронних двигунів з зовнішнім і внутрішнім роторами. У четвертому розділі розроблено математичні моделі показників сталого режиму роботи та визначено оптимальні геометричні співвідношення електромагнітних систем торцевих асинхронних двигунів. Виконано порівняння за окремими показниками аксіальних та радіальних асинхронних двигунів. У п'ятому розділі наведено удосконалені проектні моделі радіальних та аксіальних трансформаторів з обертовим магнітним полем. Виконано їх зіставлення. У шостому розділі наведено результати багатокритеріальної оптимізації індукційних перетворювачів, розглянуті проектні обмеження, показано застосування розробленого математичного апарату до визначення коефіцієнтів корисної дії та потужності. Доведено можливість забезпечення необхідної кратності початкового пускового моменту асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором вибором співвідношення магнітної індукції в робочому проміжку і густини струму обмотки статора без зміни геометрії електромагнітних систем.

Дисертаційна робота оформлена належним чином, викладена логічно і послідовно. Висновки по дисертаційній роботі в повній мірі відображають отримані наукові результати.

### **3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

Наукові положення, висновки і рекомендації, що сформульовані у дисертації, є достатньо обґрунтованими. Результати досліджень свідчать про широкий світогляд дисертанта у сучасних наукових підходах до вивчення проблем проектування і оптимізації індукційних перетворювачів з обертовим магнітним полем. Розроблені математичні моделі показників сталого режиму роботи індукційних перетворювачів реалізовані в сучасному програмному забезпеченні. Теоретичне дослідження виконано з використанням фундаментальних положень теорії індукційних перетворювачів з обертовим магнітним полем, методу виділення з цільових функцій показників відносних оптимізаційних геометричних складових, чисельного рішення системи нелінійних рівнянь та чисельного інтегрування, апроксимації розподілу магнітного поля за радіусом аксіальних перетворювачів та властивостей електротехнічних сталей. Верифікація результатів теоретичних досліджень та моделювання показників проводилася за результатами випробувань та виробництва спеціальних асинхронних двигунів із зовнішнім ротором та аксіальним робочим проміжком.

Отримані результати перевірені щодо відомих раніше. Це підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, що містяться у дисертації та виносяться на захист.

### **4. Наукова новизна і достовірність результатів дослідження**

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується відповідністю функціональних залежностей показників індукційних

перетворювачів їх фізичній суті та високим рівнем збіжності зі значеннями показників спеціальних асинхронних двигунів, впроваджених до виробництва. Отримані результати, висновки і рекомендації логічно й математично аргументовані.

Вивчення отриманих результатів дослідження дозволило встановити ряд основних наукових положень, які містять наукову новизну:

- вперше розроблено математичні моделі оптимізаційного проектування асинхронного двигуна із зовнішнім короткозамкненим ротором;
- вперше розроблено математичні моделі оптимізаційного проектування торцевого асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором;
- удосконалено математичні моделі показників сталого режиму роботи дво полюсних трансформаторів з обертовим магнітним полем;
- отримала подальший розвиток задача оптимізаційного порівняльного аналізу варіантів індукційних перетворювачів з обертовим магнітним полем.

## **5. Повнота відображення висновків і пропозицій в опублікованих автором дисертації роботах**

Автором опубліковано 22 наукові праці, з яких 11 статей у наукових фахових виданнях України (серед них 7 – у наукометричних базах), 10 – у матеріалах конференцій та 1 патент України на корисну модель. Кількість і якість друкованих праць відповідають вимогам ДАК України та повною мірою відображають наукові результати, отримані автором.

Докладне ознайомлення з дисертаційною роботою, авторефератом і публікаціями показали їх відповідність за змістом і ступенем наукової новизни вимогам ДАК України. Висновки та основні результати дослідження коректно викладені, достатньо аргументовані та можуть бути винесені на захист. Автореферат написаний науковим стилем, згідно з поставленими вимогами і повною мірою відображає зміст і структуру дисертаційної роботи.

## **6. Теоретична і практична цінність одержаних наукових результатів**

Розроблений в дисертаційній роботі математичний апарат дозволяє оцінити та підвищити показники індукційних перетворювачів, в тому числі за рахунок вибору найбільш оптимальної електромагнітної системи перетворювача. До практичної цінності також належить рекомендація застосування секціонованого асинхронного двигуна з внутрішніми короткозамкненими роторами тандемобертання за умови особливо важких вимог до кратності початкового пускового моменту, що відрізняються збільшеною відносною довжиною магнітопровода без погіршення основних характеристик.

Практична цінність результатів дослідження підтверджується їх впровадженням у діяльність Українського науково-дослідного інституту вибухозахищеного та рудникового обладнання «УкрНДІВЕ» (м. Нова Каховка). Теоретичні розробки можуть бути використані при викладанні профільних навчальних дисциплін, зокрема при підготовці магістрів з електромеханіки Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

## **7. Зауваження щодо змісту дисертації:**

7.1. У першому розділі проаналізовані варіанти конструкцій спеціальних асинхронних двигунів з зовнішнім (стор. 21 – 28) та торцевим (стор. 28 – 31) розташуванням ротора, проте відсутній висновок щодо рекомендації для застосування певної конструкції спеціального асинхронного двигуна в тій чи іншій галузі промисловості.

7.2. У другому розділі (стор. 42) наведено недоліки узагальненого критерію сукупних приведених витрат (маси) і надалі для вирішення задачі оптимізаційного проектування індукційних перетворювачів (стор. 170 – 176) використовується отриманий методом ідеальної точки критерій з ваговими

коефіцієнтами. Однак, не наводиться приклад результатів оптимізації індукційного перетворювача за обома вказаними критеріями для можливості виявлення їх обґрунтованих переваг та недоліків, а також встановлення доцільності використання запропонованого методу ідеальної точки для згортки критеріїв. Незрозуміло, чому замість запропонованого методу згортки не використовувати адитивний чи мультиплікативний методи з ваговими коефіцієнтами?

7.3. В третьому розділі (стор. 101 – 103) при розробці функціональної залежності втрат дво полюсних асинхронних двигунів з зовнішнім короткозамкненим ротором варто врахувати втрати в вісі, внаслідок витиснення магнітного поля з ярем внутрішнього статора.

7.4. У функціональні залежності показників торцевих асинхронних короткозамкнених двигунів (четвертий розділ) та трансформаторів з обертовим магнітним полем (стор. 155 – 162) входять апроксимуючі залежності розподілу магнітного поля в робочому проміжку за радіусом, отриманого експериментальним шляхом. Однак, немає відомостей щодо того, як знімалися дані характеристики, про умови їх розповсюдження на аксіальні індукційні перетворювачі, що в загальному випадку відрізняються потужністю, полюсністю, геометрією активної зони й електромагнітними навантаженнями.

7.5. Четвертий розділ (стор. 139 – 141) варто доповнити розглядом інших варіантів електромагнітних систем аксіальних асинхронних двигунів з подвійним робочим проміжком, наприклад з контр- і тандемобертанням роторів при центральному статорі, що містить ярмо.

7.6. У шостому розділі наведено результати багатокритеріальної оптимізації асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором (табл. 6.1, 6.2) та трансформаторів з обертовим магнітним полем (табл. 6.7), але насправді оптимізація виконувалась за єдиним критерієм з урахуванням обмежень, до якого за обраним методом згортки ввійшли значення показників індукційних перетворювачів.

7.7. У шостому розділі (стор. 181) проаналізовано чинники на основі розробленого показника (стор. 178), що сприяють забезпеченню необхідної кратності початкового пускового моменту асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором відповідно до технічного завдання. Але в сучасних системах автоматизованого проектування ця задача успішно вирішується за допомогою чисельного знаходження градієнту функціонального виразу кратності початкового пускового моменту, який містить перераховані автором чинники в неявному вигляді, з одночасною перевіркою його властивостей. Тому необхідність проведеного автором дослідження потребує роз'яснень.

7.8. У додатку А проводиться перевірка розробленої методики оптимізаційного проектування шляхом порівняння значень показників спеціального асинхронного двигуна з розрахованими значеннями показників при зміні геометрії. Однак деклароване покращення показників варто було б перевірити виготовленням спеціального двигуна за розмірами електромагнітної системи отриманими автором.

Вище наведені зауваження та недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та не знижують її наукову і практичну цінність.

## **8. Загальний висновок**

Дисертаційна робота Пальчикова Олега Олеговича «Оптимізація технічного рівня індукційних електромеханічних та статичних перетворювачів з обертовим магнітним полем» є завершеною науковою роботою, яка присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі покращення техніко-економічних показників варіантів індукційних перетворювачів та їх зіставленню. Автореферат дисертації розкриває основні її наукові положення та висновки, є ідентичним дисертації за структурою та змістом та не містить інформації, що є відсутньою в дисертаційній роботі.

Вважаю, що представлена до захисту дисертаційна робота, є науковою працею, виконаною автором самостійно, яка за змістом і оформленням відповідає вимогам, зазначеним у п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567 щодо кандидатських дисертацій, а її автор Пальчиков Олег Олегович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.01 – електричні машини й апарати.

Офіційний опонент,  
 професор кафедри теоретичної та  
 загальної електротехніки Харківського  
 національного університету міського  
 господарства ім. О.М. Бекетова

Фінкельштейн В.Б.



*Фінкельштейн В.Б.*