

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Філоменка Антона Анатолійовича

«Безконтактний магнітоелектричний двигун зворотно-обертального руху»,
яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.09.01 – електричні машини і апарати.

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Актуальність дисертаційної теми пов'язана з поширенням у різних галузях господарства електромеханічних приладів, виконавчий елемент яких виконує зворотно-обертальний рух. Для таких пристроїв, як ручні електроінструменти або медичні прилади, у багатьох випадках, для формування траєкторій зворотно-обертального руху робочого органу, доцільно використовувати спеціальні електричні машини, що за своїми технічними характеристиками та технологічністю перевершують інші типи. Особливо актуальним є використання прямого приводу без застосування додаткових механічних передач, що обумовлено зменшенням кількості ланок перетворення механічної енергії, можливістю прямого регулювання частоти та амплітуди механічних коливань, зменшенням масогабаритних показників та збільшенням частотного діапазону роботи. Використання безконтактного магнітоелектричного двигуна для приводу зворотно-обертального руху є доцільним завдяки низки переваг такої схеми, серед яких основними є мінімальні масогабаритні показники та енергоефективність. Особливістю приводів зворотно-обертального руху виконавчого елемента є наявність реактивних знакозмінних моментів на корпусі приладу. Якщо такі прилади, у випадку ручного електроінструменту, утримуються в руках, то вібрація корпусу з'єданого з двигуном, передається на руку працюючої людини. Тому актуальними є розробка принципів активної компенсації негативної дії реактивних знакозмінних моментів та структур таких двигунів для зменшення вібрації викликані реактивними моментами.

Актуальність роботи підтверджується і тим, що дослідження за темою дисертації були виконані у відповідності до планів робіт зареєстрованих державних НДР, які виконувалися в Інституті електродинаміки НАН України, в яких Філоменко А.А. брав безпосередньо участь.

2. Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Філоменка А.А. складається із титульного листа, розширених анотацій на українській та англійській мовах, списку публікацій здобувача, змісту, переліку умовних позначень, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та трьох додатків. Обсяг основного тексту складає 137 сторінок друкованого тексту. Робота ілюстрована 9 таблицями

та 38 рисунками. Список використаних джерел містить 117 найменувань, із них 88 кирилицею та 29 латиницею.

У вступі Філоменком А.А. обґрунтовано актуальність теми дисертації сформульовано мету та завдання досліджень, викладено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, а також відомості про апробацію, публікації та наведено відомості про особистий внесок автора.

В першому розділі виконано аналіз відомих методів реалізації зворотно-обертального руху виконавчого елемента електропривода з різними типами електричних машин. Проведено аналіз основних галузей господарства, де використовується зворотно-обертальний рух та вимоги до параметрів руху в залежності від галузі. На основі огляду наукових праць обґрунтовано актуальність напрямку дослідження та сформульовано принципи побудови безконтактних магнітоелектричних двигунів (БМД) зворотно-обертального руху.

В другому розділі розглянуто принципи побудови безконтактних магнітоелектричних двигунів зворотно обертального руху з обмеженням кутом відхилення ротора. Представлено основні структури БМД для реалізації зворотно-обертального руху валу, які містять постійний дво полюсний магніт на роторі, єдину обмотку керування та постійний магніт статора для створення пружного зв'язку між статором та ротором. Проведені дослідження з пошуку оптимальних співвідношень між розмірами елементів магнітної системи, виходячи із залежності зміни середніх значень індукції у зазорі при варіюванні довжиною робочого проміжку, за умов сталості електричної потужності, що розсіюється в обмотці. Запропоновано структури двигунів з активною компенсацією реактивних моментів корпусу.

Третій розділ присвячений розробці математичних моделей та моделювання магнітного поля магнітоелектричних двигунів зворотно-обертального руху. Було розроблено математичну модель однороторного двигуна зворотно-обертального руху, яка дозволяє досліджувати електромеханічні характеристики з урахуванням пружного зв'язку. Модель БМД двороторної конструкції з компенсацією реактивних моментів доводить можливість компенсації таких моментів. Проведені дослідження магнітного поля двигуна дозволяють апроксимувати залежності потокозчеплень з достатньою точністю та враховують вплив насичення магнітопроводу.

Четвертий розділ присвячується дослідженням електромеханічних і частотних характеристик БМД зворотно-обертального руху. Для оцінки якості роботи БМД зворотно-обертального руху було запропоновано показники ефективності у вигляді відношення амплітуди кута коливань ротора до квадрата діючого значення струму статора та максимальне значення амплітуди кутової швидкості коливань ротора, використання яких дозволяє обрати режим роботи двигуна або при мінімальному значенні втрат у статорній обмотці або вибору форсованого режиму роботи двигуна. Було досліджено електромеханічні характеристики двигуна при різних варіантах формування напруги статора для визначення оптимальних режимів роботи.

В п'ятому розділі досліджуються режими формування траєкторій зворотно-обертального руху ротора БМД у розімкненій і замкненій структурах, а також

процес активної компенсації реактивного знакозмінного моменту у двороторному двигуні. Використання функціональних частотних залежностей дозволяє формувати траєкторію зворотно-обертального руху БМД за допомогою розімкненої структури без вимірювання будь-яких сигналів, що мінімізує її апаратну частину. Проведені дослідження замкнутих структур на основі БМД зворотно-обертального руху дозволяє, що дозволяє здійснити перехід з режиму стабілізації амплітуди кута коливань ротора в режим обмеження діючого значення струму статора. Реалізовано принцип активної компенсації реактивного знакозмінного моменту в пристроях, що містять БМД зворотно-обертального руху, шляхом створення регульованого моменту, величина якого в кожен момент часу відповідає моменту основного привода, в той же час спрямованого протилежно, що дозволяє вирішити проблему віброзахисту людини.

У висновках сформульовані основні результати дисертаційної роботи.

У додатках наведено перелік публікацій здобувача і відомості про апробацію дисертації, акт впровадження результатів роботи та результати експериментальних досліджень.

3. Наукова новизна дисертаційної роботи.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи полягає у наступному:

- вперше встановлено аналітичні співвідношення між параметрами елементів структури безконтактного магнітоелектричного двигуна зворотно-обертального руху, використання яких дозволяє одержати оптимальні геометричні пропорції обмотки керування, а також магнітної системи із циліндричним магнітопроводом при забезпеченні максимуму електромагнітного моменту.

- розроблено таку математичну модель БМД зворотно-обертального руху, яка враховує пружний магнітний зв'язок між статором і ротором та дає змогу досліджувати електромеханічні характеристики двигуна на частоті напруги живлення і одержати частотні залежності амплітуди кута коливань ротора, діючого значення струму статора і показників ефективності режиму роботи при різних варіантах формування керуючої напруги статора.

- розроблено принцип активної компенсації реактивного знакозмінного моменту основного ротора безконтактного магнітоелектричного двигуна зворотно-обертального руху двороторної структури шляхом формування синхронного і протифазного моменту за допомогою допоміжного компенсуючого ротора, що дозволяє мінімізувати негативний вплив механічних вібрацій на корпус електромеханічного приладу.

- розроблені структура двороторного БМД зворотно-обертального руху та принцип векторного керування допоміжним ротором шляхом зміни амплітуди і фазового зсуву змінного струму допоміжного статора, що дозволяє забезпечити активну компенсацію знакозмінних реактивних моментів основного ротора в заданому діапазоні частоти механічних коливань і змінного навантаження.

- встановлено нові співвідношення для розрахунку системи керування амплітуди кута коливань ротора та діючого значення струму статора в залежності

від величини частоти механічних коливань, що дозволяє підвищити точність реалізації режимів зворотно-обертального руху ротора двигуна із заданими параметрами в умовах навантаження.

4. Практичне значення результатів роботи

Практичне значення результатів роботи полягають у розробці рекомендацій для створення спеціалізованих безконтактних магнітоелектричних двигунів зворотно-обертального руху, що застосовуються у різних типах електромеханічних приладів і інструментів. Реалізація принципу активної компенсації реактивних знакозмінних моментів виконавчого елемента і створених двороторних структур БМД зворотно-обертального руху дозволяють проектувати ручний інструмент, позбавлений негативного впливу механічних вібрацій на руки оператора. Результати роботи впроваджені в конструкціях електромеханічних приладів, що випускаються Науково-виробничою фірмою «Елерон», м. Київ.

5. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій базується на коректності постановки задачі та аналізі науково технічних джерел, коректному використанні теорії електричних машин, методів математичного моделювання та використанні сучасних пакетів програм моделювання.

6. Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях.

За темою дисертації опубліковано 14 наукових робіт, у тому числі 9 статей у наукових фахових виданнях України (з яких 3 статті входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus), 2 патенти України на винахід та 3 тези у збірниках матеріалів міжнародних науково-технічних конференцій.

Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

7. Відповідність змісту автореферату та основних положень дисертації.

Зміст автореферату є ідентичним до змісту дисертації і достатньо повно відображає основні положення дослідження.

8. Зауваження по дисертаційній роботі та автореферату.

1. Не обґрунтовано, чому автором у якості електромеханічного перетворювача обрано безконтактний магнітоелектричний двигун з безпазовим статором, а не перетворювач з традиційним статором з пазами? Можливо, такий варіант дозволив би отримати перетворювач з кращими характеристиками ?
2. З роботи не зрозуміло, як визначаються геометричні розміри постійного магніта при реалізації магнітної пружини, як обирається жорсткість

магнітної пружини, як ця жорсткість впливає на характеристики руху перетворювача, його резонансну частоту?

3. При моделюванні в пакеті COMSOL для магнітопроводу використовується масивна електротехнічна сталь (стор. 73), а у п. В.4 Додатку В наголошується, що експериментальні зразки магнітопроводів були виготовлені з порошкових матеріалів. Як в такому разі порівняти результати моделювання та експерименту? Чому моделювання і експеримент не проводилися при одному матеріалі магнітопроводу?
4. Не зрозуміло, який вплив чинить введення активної компенсації реактивного моменту на енергетичні показники БМД, що досліджується у роботі?
5. У Додатку В на рис. В.2 наведено розподіл магнітної індукції в зазорі БМД залежно від кута повороту ротора. З рисунку виходить, що максимальні значення індукції під різними полюсами відрізняються більш ніж в 2 рази. Чому така розбіжність та чи не є це помилкою при проведенні експерименту?
6. У роботі є стилістичні помилки та розбіжності у позначеннях, наприклад: стор. 38, таблиця 1.2 та стор. 162 – «Радий» замість «Радіан», стор. 54 – опір обмотки спочатку R , а в формулы (2.5) S , тощо.

Висновок.

Дисертаційна робота Філоменка Антона Анатолійовича на тему «Безконтактний магнітоелектричний двигун зворотно-обертального руху» є завершеною науковою працею, а отримані в ній нові результати вирішують задачу розробки принципів побудови та структур електромеханічного перетворювача для реалізації зворотно-обертального руху шляхом визначення оптимальних співвідношень між елементами системи збудження ротора, розробки математичних моделей та принципу активної компенсації негативних знакозмінних реактивних моментів.

Оформлення дисертації і автореферату в цілому, з урахуванням зазначених вище зауважень, відповідає діючим нормативним документам.

Дисертаційна робота відповідає вимогам, що висуваються до кандидатських дисертацій згідно п. 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор, Філоменко Антон Анатолійович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.01 – електричні машини і апарати.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри електричних машин
Одеського національного
політехнічного університету



Взвеші

[Handwritten signature]
ОМТУ

В.В. Римша

[Handwritten signature] В.І. Мевчук