

ВІДЗИВ

офіційного опонента на дисертацію ФІЛОМЕНКА Антона Анатолійовича
**"Безконтактний магнітоелектричний двигун зворотно-
обертального руху",**

яку представлено на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю
05.09.01 – електричні машини і апарати

Дисертаційна робота спрямована на вирішення актуального науково-практичного завдання: розвиток та удосконалення конструкцій спеціальних електричних машин, зокрема безконтактних магнітоелектричних двигунів (БМД) з коливальним (зворотно-обертальним) рухом ротора та систем їх керування. Важливим є те, що зазначений вид руху ротора реалізується самим двигуном без залучення додаткових механічних елементів.

Поставлену задачу автор вирішує шляхом:

- математичного моделювання БМД з коливальним (зворотно-обертальним) рухом ротора. Причому, моделювання проводилось на основі розроблених автором математичних моделей;
- розробки нових підходів до компенсації реактивного знакозмінного моменту основного ротора БМД зворотно-обертального руху;
- обґрунтування нових показників ефективності роботи БМД з коливальним рухом ротора;
- розробки нових методів та принципів керування електромеханічними системами у яких об'єктом керування є БМД зворотно-обертального руху.

З огляду на вищезазначене тема дисертації Філоменка А.А. є актуальною.

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводилися у відповідності до наукових планів Інституту електродинаміки НАН України.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розробці нових підходів до формування траєкторій зворотно-обертального руху ротора БМД. Зокрема вперше розроблено принцип активної компенсації реактивного знакозмінного моменту основного ротора БМД шляхом формування синхронного і протифазного моменту за допомогою допоміжного компенсуючого ротора. Також, наукова новизна полягає у розробці математичної моделі БМД зворотно-обертального руху, яка, на відміну від існуючих моделей, враховує пружний магнітний зв'язок між статором і ротором, що дає можливість одержати необхідні параметри і залежності для адекватного формування керуючої напруги статора. Крім того, встановлено нові співвідношення для розрахунку параметрів системи керування БМД, що дозволяє підвищити точність реалізації режимів зворотно-обертального руху з заданими параметрами в умовах навантаження, що змінюється.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці та обґрунтуванні нових підходів і рекомендацій, які можуть бути взяті за основу при створенні спеціалізованих безконтактних магнітоелектричних двигунів зворотно-обертального руху, що застосовуються у різноманітних малопотужних електромеханічних приладах та інструментах.

На один з пристроїв, що включає в себе БМД зворотно-обертального руху одержано два патенти. Крім того, практичне значення одержаних результатів підтверджується відповідним актом впровадження від Науково-виробничої фірми «Елерон» (м. Київ), яка впровадила принципи керування режимами БМД в конструкціях електромеханічних приладів власного виробництва.

Достатній рівень обґрунтованості одержаних наукових і практичних результатів підтверджується використанням строго вивірених і обґрунтованих математичних моделей, а також результатами фізичних експериментів на дослідному зразку безконтактного магнітоелектричного двигуна.

Основні результати дисертації опубліковано у 10 друкованих працях, у тому числі 9 – у фахових періодичних виданнях з переліку ДАК України, з них 3 – у виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, 2 патенти України на корисну модель. Тематика та зміст цих публікацій відповідає темі дисертації, відображає її основні положення, отримані наукові результати та висновки.

Автореферат повністю відображає основні положення, результати та висновки дисертаційної роботи.

Апробація результатів дисертації здійснювалася у доповідях на чотирьох науково-технічних семінарах.

Повний обсяг дисертації складає 164 сторінок друкованого тексту та містить: вступ, п'ять розділів, загальні висновки, список використаних джерел та три додатки. Обсяг основного тексту дисертації складає 136 сторінок друкованого тексту. Список використаних джерел складається з 117 найменувань, із них 88 кирилицею та 29 латиницею. Дисертація містить 38 рисунків і 9 таблиць.

Матеріал дисертації викладено у наступній послідовності.

У *Вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертації і визначено об'єкт досліджень – процеси електромеханічного перетворення енергії в безконтактних магнітоелектричних машинах зворотно-обертального руху з пружним магнітним зв'язком між статором і ротором. Сформульовано мету роботи і основні задачі, які необхідно вирішити в роботі.

У *Розділі №1* за результатами аналізу літературних джерел обґрунтована доцільність побудови системи зворотно-обертального (коливального) руху на основі електричної машини, яка складається з безпазового статора з однофазною

обмоткою, зовнішнього масивного (нешихтованого) магнітопроводу і додаткового постійного магніту для реалізації ефекту магнітного зчеплення, а також рухливого ротора з постійним магнітом циліндричної форми і встановленим безпосередньо на його валу виконавчим елементом.

У Розділі №2 розглянуто принципи побудови БМД зворотно-обертального руху з обмеженим кутом відхилення ротора. Запропоновано структури двигунів, що мають додатковий рухомий ротор для компенсації реактивних моментів, що впливають на статор і пов'язаний з ним корпус приладу. Згадана компенсація реалізується шляхом створення другим ротором компенсуючих моментів зворотного знаку. Проведено пошук необхідних геометричних розмірів елементів конструкції БМД для досягання максимального питомого (на одиницю втраченої потужності) електромагнітного моменту.

У Розділі №3 представлено розроблену математичну модель нестационарного режиму роботи БМД. Дана модель дозволяє досліджувати електромагнітні процеси в БМД при зворотно-обертальному русі ротора. Математична модель дворотного БМД доводить можливість компенсації впливу динамічного знакозмінного моменту на корпус двигуна. Також в розділі була визначена умова повної компенсації реактивного моменту, а саме рівність статичних та динамічних електромагнітних моментів, що діють на обидва ротори.

У Розділі №4 досліджено електромеханічні характеристики БМД зворотно-обертального руху. На основі аналізу цих характеристик були визначені принципи формування траєкторій зворотно-обертального руху ротора БМД у розімкненій і замкнутій структурах. Для оцінки якості роботи БМД зворотно-обертального руху, було запропоновано використовувати коефіцієнт, який дорівнює відношенню амплітуди кута коливань ротора до квадрату діючого значення струму статора. Використання даного коефіцієнту дозволяє підібрати такий режим роботи двигуна і таку форму змінної напруги живлення при яких електричні втрати в обмотці статора будуть мінімальними. Крім того, в розділі визначено, що максимальні значення амплітуди коливань кутової швидкості ротора досягаються за умови живлення обмотки статора несинусоїдальною (прямокутною) напругою, що дозволяє реалізувати форсований режим роботи.

У Розділі №5 досліджено здатність розімкнених і замкнених структур на основі БМД зворотно-обертального руху формувати відповідну траєкторію руху ротора. Показано, що використання замкненої системи керування двигуном в якій формування сигналу зворотного зв'язку відбувається за амплітудою кута коливань ротора є доцільним для підвищення швидкодії керування в низькочастотній (до 20Гц) частині діапазону роботи двигуна. Також в розділі визначено, що для компенсації знакозмінних реактивних моментів ротора БМД доцільно використовувати додатковий компенсуючий ротор який створює протифазний динамічний момент, а систему його векторного керування варто будувати на основі регулювання амплітуди і фазового зсуву струму обмотки допоміжного статора, що дозволяє мінімізувати негативний вплив механічних вібрацій на корпус електромеханічного приладу.

Основні зауваження по дисертації:

1. Назва дисертації "Безконтактний магнітоелектричний двигун зворотно-обертального руху", причому в роботі мова йде про одну конкретну конструкцію даного двигуна. Проте, чомусь, даний двигун не називається в якості об'єкту дослідження.
2. В розділі 1 автором приводиться багато різноманітних електромеханічних систем з коливальним (зворотно-обертальним) рухом ротора, в тому числі і на базі безконтактних машин (наприклад, асинхронних). Натомість, з тексту незрозуміло чому автор зупинився саме на даній конструкції двигуна цього типу.
3. В розділі 1 (стор. 42) автор, в якості: «... принципів побудови ефективних безконтактних магнітоелектричних двигунів зворотно-обертального руху...» описує конструкцію конкретного двигуна, що досліджується в роботі. Але ж це не є принципом побудови, тим більше всіх двигунів даного типу. До того ж розробка принципів побудови БМД зворотно-обертального руху ротора винесена як окрема задача, що має бути вирішена в дисертації.
4. На рис. 4.5 та рис. 4.6 (розділ 4) наведені амплітудні частотні характеристики, а на рис. 4.7 – фазові частотні характеристики БМД, причому на кожному графіку показані по 4 кривих але відсутні пояснення яким саме параметрам відповідає кожна з цих чотирьох кривих.
5. На рис. 4.3 (розділ 4) наведена структурна схема БМД з модулятором вхідної напруги. При цьому схема представлена розімкненою, без жодних зворотних зв'язків. Проте, судячи з тексту, дана схема містить зворотні зв'язки по двом параметрам, тобто є замкненою.
6. В роботі не наведено розрахунок або експериментальне визначення коефіцієнту корисної дії БМД. З огляду на це неможливим є оцінка енергетичної ефективності даного двигуна та порівняння запропонованого технічного рішення з іншими подібними електромеханічними системами.
7. В розділі 5, окрім іншого, досліджується режим активної компенсації знакозмінного реактивного моменту, що створюється БМД зворотно-обертального руху, за допомогою керованого додаткового компенсуючого пристрою у вигляді ідентичної за структурою електричної машини (пункт 5.3). Проте в тексті роботи не зазначено яку частину енергії споживає компенсуючий пристрій і наскільки це знижує загальний ККД двигуна, особливо якщо навантаження під'єднане тільки з боку основного ротора (наприклад, як в пристрої, що показаний на рис. 5.22).
8. В Додатку В (пункт В.4) представлено результати експериментального дослідження шести феромагнітних матеріалів з яких, судячи з тексту, потрібно було обрати найкращий для виготовлення порошкового магнітопроводу БМД. При цьому, в якості єдиного критерію вибору розглядалась величина втрат в

магнітопроводі (втрат на вихрові струми і гістерезис). Проте очевидно, що магнітні втрати не є єдиним критерієм якості матеріалу, не менш важливими є магнітні властивості, зокрема величина магнітної проникності μ і кривої намагнічення $B = f(H)$. Нажаль, ці дані приведені не були.

Відзначені зауваження носять технічний характер і не впливають на високий рівень проведених досліджень і на загальну позитивну оцінку дисертації.

Дисертація Філоменка А.А. є завершеною науковою працею, яка містить нові науково обґрунтовані результати, методи та способи, що вирішують надзвичайно важливе наукове завдання – покращення експлуатаційних безконтактних магнітоелектричних двигунів та пристроїв які містять їх в своєму складі. Дисертаційна робота має значне теоретичне та практичне значення для науки і техніки.

Результати досліджень у подальшому можуть сприяти створенню високоякісного спеціалізованого інструменту медичного, косметологічного та іншого призначення.

Розглянута дисертаційна робота повністю відповідає встановленим вимогам п. 9, 11, 12 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника", що висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор, ФІЛОМЕНКО Антон Анатолійович, заслуговує на присвоєння йому ученого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.01 – електричні машини і апарати.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електромеханіки
Національного технічного
університету України "Київський
політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського"

Гайденко Ю.А.

Підпис Гайденка Ю.А. засвідчую

Вчений секретар "КПІ ім. Ігоря
Сікорського"



Холявко В.В.

Пост. до СВР
25.03.2021р