

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Вороновського Дмитра Костянтиновича

**“Оптимізація параметрів холловського двигуна шляхом формування
відповідної топології магнітного поля”,**

подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю

134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Дисертаційна робота Вороновського Дмитра Костянтиновича на тему “Оптимізація параметрів холловського двигуна шляхом формування відповідної топології магнітного поля” присвячена дослідженню параметрів холловського двигуна, а саме тягово-енергетичних та ресурсних характеристик, шляхом формування відповідної топології магнітного поля.

Актуальність обраної теми дисертації підтверджується її зв'язком з тематикою наукових робіт Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, фізико-технічного факультету.

В даний час перспективним напрямком в розвитку космічної галузі є створення і застосування малих космічних апаратів (МКА). Інтерес до створення і використання МКА, що намітився в останні роки, пояснюється їх відносно низькою вартістю, скороченням термінів розробки і виготовлення, зниженням ризику великих фінансових втрат в випадку невдалого запуску, а також здешевленням виведення на орбіту і експлуатації таких апаратів.

Електричні двигунні установки широко використовуються на бортах супутників для вирішення проблем орієнтації та стабілізації, підтримки та зміни орбіти, гальмування супутника після закінчення виконання місії.

З розширенням діапазону холловських двигунів, значне збільшення сумарного імпульсу також підкреслює необхідність розробки високопродуктивних холловських двигунів. Загальновідомо, що експлуатаційний ресурс холловських двигунів визначається кількістю часу, протягом якого двигун може працювати до того, як плазма в каналі пошкодить магнітну систему. Після повної ерозії діелектричного виходу з розрядного каналу іонний шлейф взаємодіє з внутрішнім і зовнішнім магнітними полюсами і викликає прогресуючу ерозію магнітопроводу. Нова магнітна топологія під назвою "магнітне екранування" була описана для різкого зменшення ерозії каналу, що може призвести до усунення цього режиму відмови холловських двигунів.

Наукова новизна отриманих автором результатів

У дисертаційній роботі вирішено нову актуальну наукову проблему, що полягає у мінімізації ерозії на стінках розрядної камери холловського двигуна з метою підвищення його строку служби.

Основні наукові результати дисертації полягають у наступному.

- 1 удосконалено розрахунок побудови моделей магнітних систем холловських двигунів що дозволяють спростити моделювання та обчислення та мінімізувати час розрахунку;
- 2 визначено кількісний взаємозв'язок між величиною та конфігурацією магнітного поля, параметрами роботи двигуна і протяжністю, і положенням шару іонізації та прискорення в розрядному каналі холловського двигуна, що визначають межі зон ерозії стінок розрядної камери, а саме:
 - встановлено, що межі зон ерозії на зовнішній та внутрішній стінках розрядної камери з боку анода знаходяться на перетині однієї «граничної» силової лінії магнітного поля зі стінками, напруги розряду, форми магнітної лінзи, величини індукції та матеріалу розрядної камери;
 - положення цієї «граничної» силової лінії обумовлюється величиною $k \times B_{rmax}$ по середній лінії розрядної камери.

- 3 показано, що підвищення тягової ефективності та зниження розмірів зони ерозії стінок розрядної камери у двигуні досягнуто за рахунок оптимізації параметрів і топології магнітного поля.

Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів, наданих у дисертаційній роботі

Усі результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані автором особисто або за безпосередньої участі. Дисертаційна робота є завершеним дослідженням, виконаним автором самостійно відповідно до програми спланованих, проведених і узагальнених досліджень.

Дисертантом проведено пошук та аналіз літературних даних, виконано експериментальні дослідження, розроблено методику розрахунку магнітного поля холловського двигуна та визначенню зони ерозії у розрядній камері.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

Дисертаційна робота Вороновського Д. К. містить нові обґрунтовані результати. Зокрема, спочатку автор наводить методику розрахунку на основі ANSYS Maxwell і верифікує її експериментом. Це супроводжується поетапною демонстрацією кроків результатів моделювання. Із результатів моделювання логічно випливають вимоги для оптимізації магнітного поля.

Аналіз основного змісту роботи

У *вступі* обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, а також сформульовано мету та завдання роботи, визначені об'єкт, предмет та методи дослідження, відображена наукова новизна та практична цінність результатів дослідження; особистий внесок здобувача.

У *першому* розділі розглянуто стан розробки і напрями розвитку холловських двигунів, проаналізовано параметри сучасних магнітних систем холловських

двигунів, проведено огляд існуючих на даний час конструкцій магнітних систем. Враховуючи сучасний стан розглянутої проблеми сформульовано основні завдання дисертаційного дослідження

У другому розділі представлено огляд методів дослідження параметрів і конфігурації магнітного поля холловського двигуна, проаналізовано переваги та недоліки зазначених методів, представлено автором методику моделювання магнітних систем і методику верифікації, представлено результати використання запропонованої методики.

Третій розділ присвячений дослідженню ерозії розрядної камери.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень ХД ST-100 та ST-100М, порівняльний аналіз їх тягово-енергетичних характеристик.

Завершується робота висновками, які впливають зі змісту роботи, є логічними та віддзеркалюють основні результати дисертаційної роботи.

Структури дисертації

Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку використаних літературних джерел із 83 найменувань. Матеріали дисертаційної роботи викладені на 122 сторінках, містять 41 рисунок та 17 таблиць.

Мова і стиль роботи

Дисертаційна робота написана українською мовою з використанням сучасної наукової термінології. Викладення матеріалу дисертації є логічним і відповідає вимогам до наукових праць, а зміст роботи висвітлює основні результати наукових досліджень.

Зауваження щодо змісту дисертації

В результаті розгляду дисертаційної роботи є наступні зауваження:

1. Як впливає температура при моделюванні?
2. Як впливають різні зазори між магнітним екраном та полюсами на характеристики двигуна?
3. Модернізована модель цього двигуна забезпечує нижчий рівень тягово-енергетичних характеристик, але підвищує ресурс двигуна. Це пов'язано з тим, що індукція у каналі зменшується. Питання у тому чи досліджували Ви як будуть змінюватись характеристики двигуна, якщо підвищити магніторушійну силу котушок намагнічування до того рівня, який був до модернізації?
4. У роботі присутні деякі орфографічні помилки.

Однак, зроблені зауваження не носять принципового характеру, не зменшують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи і не можуть істино вплинути на загальну позитивну оцінку дисертації.

Відповідність дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту

Дисертаційна робота Вороновського Д. К. на тему «Оптимізація параметрів холловського двигуна шляхом формування відповідної топології магнітного поля» повністю відповідає спеціальності 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Вороновського Дмитра Костянтиновича є завершеним науковим дослідженням на актуальну тему. Отримані науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати утворюють нову ланку досліджень оптимального магнітного поля в холловських двигунах, які є підґрунтям для подальшого розвитку сучасних холловських двигунів різної потужності.

Враховуючи актуальність, новизну, важливість одержаних автором наукових результатів, їх обґрунтованість і достовірність, а також практичну цінність

сформульованих положень і висновків, дисертаційна робота Вороновського Дмитра Костянтиновича «Оптимізація параметрів холловського двигуна шляхом формування відповідної топології магнітного поля», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка відповідає встановленим вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 (зі змінами)), а її автор, Вороновський Дмитро Костянтинович заслуговує присудженню йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Офіційний опонент

Доктор філософії, доцент кафедри
космічної техніки та нетрадиційних
джерел енергії
Національний аерокосмічний
університет ім. М.Є. Жуковського
«ХАІ»,


Погудін А. В.

Підпис Доктора філософії, доцента Погудіна А. В. засвідчую

Вчений секретар

Національного аерокосмічного
університету ім. М.Є. Жуковського
«ХАІ»,



Бондарєва Т. І.