

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0423U100125

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 18-07-2023

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ликтей Вікторія Володимирівна

2. Lyktei Viktoriia Volodymyrivna

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: кандидат наук

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 05.09.05

Назва наукової спеціальності: Теоретична електротехніка

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 11-07-2023

Спеціальність за освітою: електрифікація та автоматизація сільського господарства

Місце роботи здобувача: Національний університет біоресурсів і природокористування України

Код за ЄДРПОУ: 00493706

Місцезнаходження: вул. Героїв Оборони, буд. 15, м. Київ, 03041, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** Д 26.187.01

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут електродинаміки Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417236

**Місцезнаходження:** пр. Перемоги, буд. 56, м. Київ, 03680, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут електродинаміки Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417236

**Місцезнаходження:** пр. Перемоги, буд. 56, м. Київ, 03680, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:**

**Коди тематичних рубрик:** 45.03

**Тема дисертації:**

1. Удосконалення способу формування ядер інтегральних рівнянь в методі вторинних джерел для аналізу магнітних полів в нелінійних середовищах
2. Improvement of the method of forming the kernels of integral equations in the method of secondary sources for the analysis of magnetic fields in nonlinear media

**Реферат:**

1. Об'єктом дослідження є процеси у магнітних системах з нелінійними феромагнітними елементами. Метою роботи є удосконалення методу інтегральних рівнянь для розрахунку неоднорідних магнітних полів у нелінійних середовищах в напрямі зменшення кількості складових у ядрах інтегральних рівнянь, які містять функцію градієнту від магнітної проникності, та подальшого явного виразу цієї функції через густину джерел магнітного поля, та застосування цих підходів для розрахунку магнітних систем конкретних електротехнічних пристроїв. Методи дослідження: вирішення поставлених у роботі завдань здійснювалося методами, що базуються на використанні теорії електромагнітного поля, векторного аналізу, концепції вторинних джерел, теорії інтегральних рівнянь, теорії апроксимації, теорії чисельного інтегрування,

чисельного розв'язання систем інтегральних рівнянь, чисельного розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Теоретичні та практичні результати і новизна: отримав подальший розвиток метод інтегральних рівнянь для розрахунку характеристик магнітного поля в нелінійних середовищах в напрямі зменшення кількості складових у ядрах інтегральних рівнянь, які містять функцію градієнту від магнітної проникності, та подальшого явного виразу цієї функції через густини джерел магнітного поля, що дає змогу замінити процедуру чисельного диференціювання при апроксимації функції градієнту від магнітної проникності на процедуру чисельного інтегрування, що має суттєве значення для підвищення точності розрахунку ядер інтегральних рівнянь в методі інтегральних рівнянь. Розроблено нову математичну модель і відповідний розрахунковий метод для чисельного розрахунку магнітного поля в безколекторному двигуні постійного струму з неявнополюсним гладким статором, що містить тонкі ферромагнітні перекладки між обмоткою статора і зазором між статором та явнополюсним ротором з постійними магнітами, що дозволяють враховувати нелінійні властивості ферромагнітних елементів магнітної системи двигуна. Предмет і ступінь впровадження: практичне значення для електротехнічної галузі має запропонований алгоритм розрахунку магнітного поля в безколекторному двигуні постійного струму з неявнополюсним гладким статором, що містить тонкі ферромагнітні перекладки між обмоткою статора і зазором між статором та явнополюсним ротором з постійними магнітами, що дозволяє враховувати нелінійні властивості ферромагнітних елементів магнітної системи двигуна. На основі нього написано програму мовою FORTRAN, яка дозволяє за відомими вхідними даними (геометричні параметри системи, електрофізичні параметри матеріалів, характеристики постійних магнітів, струму у обмотках) розрахувати магнітне поле у робочому зазорі електричного двигуна та провести оптимізацію за обраними критеріями. Ефективність впровадження: розроблено методику розрахунку функції градієнта від магнітної проникності з урахуванням явного представлення напруженості магнітного поля через густини магнітних зарядів, що дозволило процес її апроксимації скінченновимірним аналогом виконати інтегруванням за джерелами поля, що дозволило зменшити похибку її апроксимації на відміну від процедури чисельного диференціювання безпосередньо функції магнітної проникності. Сфера використання: для розвитку методів розрахунку електромагнітних полів та має важливе значення для галузі теоретична електротехніка.

2. The object of research is the processes in magnetic systems with nonlinear ferromagnetic elements. The purpose of the work is improvement of the method of integral equations for the calculation of heterogeneous magnetic fields in nonlinear media in the direction of reducing the number of components in the cores of integral equations that contain the function of the gradient from the magnetic permeability, and the subsequent explicit expression of this function through the density of the sources of the magnetic field, and the application of these approaches for the calculation of magnetic systems specific electrical devices. Research methods: the solution of the tasks set in the work was carried out by methods based on the use of the theory of the electromagnetic field, vector analysis, the concept of secondary sources, the theory of integral equations, the theory of approximation, the theory of numerical integration, numerical solution of systems of integral equations, numerical solution of systems linear algebraic equations. Theoretical and practical results and novelty: the method of integral equations for calculating the characteristics of the magnetic field in non-linear media was further developed in the direction of reducing the number of components in the cores of the integral equations, which contain the function of the gradient from the magnetic permeability, and the further explicit expression of this function through the densities of the sources of the magnetic field, which makes it possible to replace the procedure of numerical differentiation when approximating the gradient function from the magnetic permeability with the procedure of numerical integration, which is of significant importance for increasing the accuracy of the calculation of the kernels of integral equations in the method of integral equations. A new mathematical model and corresponding calculation method for the numerical calculation of the magnetic field in a collectorless DC motor with an implicit-pole smooth stator containing thin ferromagnetic transitions between the stator winding and the gap between the stator and an explicit-pole rotor with permanent magnets, which allow taking into account the nonlinear properties of the ferromagnetic elements of the magnetic field, have been developed engine systems. Subject and degree of implementation: the proposed algorithm for calculating the magnetic field in a collectorless DC motor

with an implicit-pole smooth stator, which contains thin ferromagnetic transitions between the stator winding and the gap between the stator and an explicit-pole rotor with permanent magnets, is of practical importance for the electrical engineering industry, which allows taking into account nonlinear properties ferromagnetic elements of the magnetic system of the engine. Based on it, a program was written in the FORTRAN language, which allows you to calculate the magnetic field in the working gap of the electric motor based on the known input data (geometric parameters of the system, electrophysical parameters of materials, characteristics of permanent magnets, current in the windings) and carry out optimization according to the selected criteria. Effectiveness of implementation: a technique for calculating the gradient function from the magnetic permeability was developed, taking into account the explicit representation of the magnetic field strength through the density of magnetic charges, which allowed the process of its approximation by a finite-dimensional analogue to be performed by integration over the field sources, which allowed to reduce the error of its approximation, in contrast to the procedure of numerical differentiation of the function directly magnetic permeability. Field of use: for the development of methods of calculating electromagnetic fields and theoretical electrical engineering is important for the field.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:**

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:**

**Підсумки дослідження:**

**Публікації:**

**Наукова (науково-технічна) продукція:**

**Соціально-економічна спрямованість:**

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:**

**Зв'язок з науковими темами:**

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Кондратенко Ігор Петрович
2. Kondratenko Igor Petrovich

**Кваліфікація:** д.т.н., 05.09.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

### **Офіційні опоненти**

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Прус В'ячеслав В'ячеславович
2. Prus Viacheslav Viacheslavovych

**Кваліфікація:** д. т. н., 05.09.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Щерба Максим Анатолійович
2. Shcherba Maksym A.

**Кваліфікація:** д. т. н., 05.09.05

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **Рецензенти**

## **VIII. Заключні відомості**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Михальський Валерій Михайлович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Михальський Валерій Михайлович

