

# АНОТАЦІЯ

## ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

СТУДЕНТА ФМФ, ДРУГОГО (МАГІСТЕРСЬКОГО) РІВНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ, ГР. ОФ-31мп

**Терентія ГРІЦАЯ**

(ім'я та прізвище)

**На тему** «Моделювання негативного коронного розряду на електроді всередині котушки індуктивності, що створює магнітне поле».

**Науковий керівник** старший викладач, доктор філософії Сергій МАЙКУТ.

(науковий ступінь, вчене звання, посада, ім'я та прізвище)

**Актуальність** Актуальність роботи обумовлена використанням коронного розряду в різноманітних технологічних процесах, де присутність магнітного поля може суттєво впливати на ефективність та характеристики розряду. Результати дослідження можуть мати важливе значення для розробки нових типів електростатичних фільтрів, плазмових реакторів, систем модифікації поверхонь та інших пристроїв, що використовують коронний розряд.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами кафедри** «Дослідження та моделювання динамічних процесів в електронно-іонних системах» (2024-26).

**Об'єкт дослідження** Фізичні механізми взаємодії негативного коронного розряду з зовнішнім магнітним полем в електродній системі з нерівномірним розподілом електричного потенціалу.

**Предмет дослідження** Закономірності трансформації електрофізичних параметрів коронного розряду під впливом магнітного поля індуктора, зокрема зміни характеристик плазми, іонізаційних процесів та просторового розподілу заряджених частинок.

**Мета роботи** Створення комп'ютерної моделі, яка дозволить аналізувати параметри коронного розряду в заданій системі та вивчати вплив магнітного поля на його характеристики.

**Методи дослідження** Моделювання у програмі COMSOL Multiphysics, з використанням фізичного модуля Plasma (plas), та розрахунок з використанням методу скінченних елементів зі змінним кроком по часу, з розв'язком диференціальних рівнянь формулами оберненого диференціювання та багатопотоковим розв'язком систем лінійних рівнянь методом «PARallel DIrect SOlver».

**Відомості про обсяг роботи, кількість ілюстрацій, таблиць, додатків і літературних найменувань за переліком використаних** 140 сторінок, 35 рисунків, 9 таблиць, 82 літературних найменувань

**Мета індивідуального завдання, використані методи та отримані результати** \_\_\_\_\_

Метою дослідження було комплексне теоретичне та практичне вивчення впливу магнітного поля на негативний коронний розряд з використанням комп'ютерного моделювання в середовищі COMSOL Multiphysics. Дослідження базувалося на фізико-математичній моделі плазми, яка включала рівняння дрейфу-дифузії електронів та масопереносу важких частинок, з використанням методу скінченних елементів та неявних схем часової дискретизації. Результати моделювання продемонстрували, що магнітне поле з індукцією до 3 Тл викликає зміни характеристик коронного розряду: зменшення загальної кількості електронів на 6.03%, негативних іонів на 4.31%, позитивних іонів на 10.61% та зниження струму на катоді на 5.02%, що розширює розуміння фізики коронного розряду та відкриває перспективи для його практичного застосування в різних галузях науки і техніки.

**Висновок** У межах проведеного дослідження було розроблено комплексну фізико-математичну модель впливу магнітного поля на негативний коронний розряд з використанням сучасних чисельних методів моделювання в середовищі COMSOL Multiphysics. Дослідження показало, що магнітне поле з індукцією до 3 Тл здатне змінювати параметри коронного розряду, зокрема зменшувати кількість заряджених частинок та струм на катоді, що відкриває нові перспективи для розуміння фізичних процесів у плазмі та потенціального практичного застосування в різних технологічних галузях. Незважаючи на отримані результати, визначено низку напрямків для подальших досліджень, включаючи вдосконалення математичної моделі, уточнення плазмової хімії та валідацію результатів експериментальними даними.

**Перелік ключових слів (не більше 20)** Негативний коронний розряд, магнітне поле, моделювання, котушка індуктивності, плазма, електрод, COMSOL Multiphysics, електричне поле, заряджені частинки, густина електронів, густина іонів.

Підпис керівника \_\_\_\_\_



# SUMMARY

## TO THE MASTER'S THESIS

STUDENT OF FMF, 2 COURSE OF THE MASTER LEVEL, GR. OF-31mp

**Terentii HRITSAI**

---

(FULL NAME)

***On the topic*** "Modeling of negative corona discharge on an electrode inside an inductive coil that generates a magnetic field".

---

***Scientific supervisor*** Senior Lecturer, doctor of philosophy, Serhii MAIKUT.

---

(scientific degree, academic status, position, FULL NAME)

***Topicality*** The relevance of the work is determined by the use of corona discharge in various technological processes, where the presence of a magnetic field can significantly affect the efficiency and characteristics of the discharge. The research results may be of great importance for the development of new types of electrostatic filters, plasma reactors, surface modification systems, and other devices utilizing corona discharge.

---

***Relationship of work with scientific programs, plans, themes cathedra*** «Research and modeling of dynamic processes in electron-ion systems» (2024-26).

---

***Object of research*** Physical mechanisms of interaction between negative corona discharge and external magnetic field in an electrode system with a non-uniform electric potential distribution.

---

***Subject of research*** The patterns of transformation of the electrophysical parameters of corona discharge under the influence of an inductor's magnetic field, specifically changes in plasma characteristics, ionization processes, and the spatial distribution of charged particles.

---

***Purpose of work*** The creation of a computer model that will enable the analysis of corona discharge parameters in a given system and the study of the influence of the magnetic field on its characteristics.

---

***Research methods*** Modeling in COMSOL Multiphysics software, using the Plasma (plas) physics module, and calculations performed with the finite element method employing a variable time step. Differential equations are solved using backward differentiation formulas, and systems of linear equations are solved through the "PARAllel DIrect SOLver" (PARDISO) method in a multi-threaded setup.

---

***Information about the volume of the report, the number of illustrations, tables, applications and literary names in the list of used ones*** 140 pages, 35 figures, 9 tables, 82 references.

---

***The purpose of the individual task, the methods used and the results obtained***

The purpose of the study was a comprehensive theoretical and practical investigation of the effect of a magnetic field on negative corona discharge using computer modeling in the COMSOL Multiphysics environment. The research was based on a physical and mathematical plasma model, which included the drift-diffusion equations for electrons and mass transport for heavy particles, employing the finite element method and implicit time discretization schemes. The modeling results demonstrated that a magnetic field with an induction of up to 3 Tesla causes changes in the characteristics of the corona discharge: a decrease in the total number of electrons by 6.03%, negative ions by 4.31%, positive ions by 10.61%, and a reduction in cathode current by 5.02%. This expands the understanding of corona discharge physics and opens up prospects for its practical application in various fields of science and technology.

***Conclusion*** Within the boundaries of the study, a comprehensive physical-mathematical model of the impact of a magnetic field on negative corona discharge was developed using modern numerical simulation methods in the COMSOL Multiphysics environment. The research demonstrated that a magnetic field with an induction of up to 3 T can alter the parameters of corona discharge, specifically reducing the number of charged particles and the current at the cathode. This opens new prospects for understanding physical processes in plasma and potential practical applications in various technological fields. Despite the results obtained, several directions for further research have been identified, including improving the mathematical model, refining plasma chemistry, and validating the results with experimental data.

***Keyword list (no more than 20)*** Negative corona discharge, magnetic field, modeling, inductor coil, plasma, electrode, COMSOL Multiphysics, electric field, charged particles, electron density, ion density.

***Signature of the head***

