

ВІДГУК

офіційного опонента

Щерби Максима Анатолійовича

на дисертаційну роботу Литвиненко Світлани Анатоліївни

**«Визначення умов виникнення високовольтних розрядів у системах
складних просторових конфігурацій»,**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

1. Актуальність теми дисертації

Викликані природними факторами локальні підсилення електричного поля в околі висотних структур є причиною небажаних високовольтних розрядів (наприклад, коронних розрядів на гострих кромках, або висхідних лідерів, які розвиваються від заземлених об'єктів та просуваються на великі відстані). Вони негативно впливають на роботу промислових та електроенергетичних об'єктів, таких як лінії електропередачі, вітрові генератори, та можуть бути причиною електромагнітних завад для радіоелектронної апаратури систем телекомунікації, автоматики та інших. З іншого боку є необхідними розряди, які виникають, наприклад, від блискавкозахисних систем в умовах грози. З метою підвищення ефективності роботи таких систем важливо провести дослідження особливостей електрофізичних процесів, які супроводжують розряди, через польові та лабораторні експерименти та математичне моделювання.

У зв'язку з цим тема дисертації Литвиненко С. А., спрямованої на розвиток методів дослідження електрофізичних процесів, які супроводжують високовольтні розряди в системах складних просторових конфігурацій, та визначення умов їхнього виникнення, є актуальною.

Тема пов'язана з науково-дослідними роботами кафедри «Теоретичні основи електротехніки» НТУ «ХПІ». Здобувачка брала участь у науково-

дослідних роботах: «Математичне та фізичне моделювання процесів виникнення корони при роботі електроенергетичних об'єктів» (ДР№ 0116U000882, 2016 – 2018р.р.), «Математичні і фізичні моделі процесів розповсюдження височастотних електромагнітних хвиль у сегнетомагнітних середовищах» (ДР№0117U004892, 2017 – 2019р.р.), «Моделювання електрофізичних процесів при високовольтних розрядах для підвищення надійності засобів блискавкозахисту» (ДР№ 0118U002050, 2018 – 2020 р.р.).

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Використання в дисертації фундаментальних положень теоретичної електротехніки та теорії електромагнітного поля, методів математичної фізики, числових методів моделювання є коректними, що свідчить про теоретичну та технічну обґрунтованість наукових положень та висновків, наведених в дисертації.

Отримані в дисертації теоретичні результати підтверджуються збігом з експериментальними результатами і корелюють з іншими науковими роботами в цій області, що є підтвердженням обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

3. Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів теоретичних досліджень, наведених у другому і четвертому розділах, підтверджується результатами експериментальних досліджень, представлених в третьому розділі. Основні положення дисертації пройшли апробацію на міжнародних наукових конференціях.

4. До основних наукових результатів дисертації слід віднести:

1. За використання при числовому моделюванні аналітичних виразів опису електричного поля видовженого сфероїда для врахування нелінійного закону спадання напруженості електричного поля та потенціалу в околі

стрижня, розроблена методика розрахунку електричного поля, яка дозволяє використовувати просторовий крок розрахункової сітки, пропорційний висоті стрижня.

2. Розроблений метод визначення залежності інтенсивності корони, яка утворюється на стрижнях з різними радіусами округлення верхівок, від об'єму зони, де напруженість електричного поля перевищує рівень пробою 30 кВ/м.

3. На основі експериментальних результатів та числового моделювання вдосконалена модель визначення критерію початку розвитку корони на заземлених стрижнях в залежності від їхньої висоти та радіусу верхівок, а також від рівня напруженості електричного поля в повітряному проміжку.

5. Значимість отриманих результатів і практичного використання.

Практичне значення результатів, отриманих в дисертації, полягає у використанні розробленої методики розрахунку розподілу електричного поля стрижня для визначення умов виникнення розрядів від систем видовжених об'єктів. Методика була застосована для визначення зон появи коронного розряду від елементів ліній електропередачі в грозових умовах. Автором виконані розрахунки розподілу електричного поля в околі струмопроводів ЛЕП-220 для випадку віддаленого розташування опор та у випадку наявності опор.

Результати роботи використовуються у навчальному процесі на кафедрі теоретичних основ електротехніки при викладанні дисциплін «Теоретичні основи електротехніки», «Теорія електромагнітного поля» та на кафедрі інженерної електрофізики при викладанні дисциплін «Моделювання електроенергетичних і електромеханічних систем та пристроїв», «Теорія електричних та магнітних полів в електрофізичних та енергетичних пристроях».

6. Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Результати досліджень опубліковані у 15 наукових роботах. З них 2 статті опубліковані у наукових фахових виданнях України, 2 – у виданнях, які входять до міжнародної наукометричної бази Scopus, 11 – у матеріалах міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференцій.

Основні положення і результати досліджень за темою дисертації доповідались на XXV міжнародній науково-практичній конференції MicroCAD-2017 «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (м. Харків, 2017 р.); Всеукраїнській науковій конференції, присвяченій 20-річчю від дня заснування Чернівецького факультету НТУ «ХПІ», (м. Чернівці, 2017 р.); 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS) (м. Харків, 2018 р.); II міжнародній науково-технічній конференції «Актуальні проблеми автоматики та приладобудування України» (м. Харків, 2018 р.); 6th International Conference on Modern electric power systems (MEPS), (м. Вроцлав, Польща, 2019 р.); XXVII міжнародній науково-практичній конференції MicroCAD-2019 «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (м. Харків, 2019 р.); 2019 IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD), (м. Київ, 2019 р.); 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET) (м. Львів, 2020 р.).

Публікації містять основні наукові положення та результати дисертаційної роботи та відповідають вимогам пункту 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167.

7. Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Литвиненко С.А. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Вступ містить обґрунтування актуальності теми дисертації, задачі дослідження, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, дані про наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

Перший розділ містить огляд факторів, що впливають на виникнення високовольтних розрядів, методів їхнього експериментального дослідження та математичного моделювання. Обґрунтовано необхідність розвитку методів математичного моделювання розподілу електричних полів тривимірних видовжених конструкцій, поставлені задачі дисертаційної роботи.

У другому розділі представлено методику моделювання розподілу електричного поля заземленого видовженого електропровідного стрижня з використанням методу скінченного інтегрування, в якій крок розрахункової сітки обирається пропорційним висоті стрижня, а не його радіусу. Це стало можливим за врахування в зоні, яка обмежена кроком розрахункової сітки в околі осі стрижня та над його верхівкою, нелінійного закону спадання напруженості і потенціалу електричного поля та наявності електропровідності стрижня через використання аналітичних виразів опису поля видовженого сфероїда та тензору діелектричної проникності.

У третьому розділі представлені результати експериментів з дослідження впливу рівня та характеру напруженості електричного поля на інтенсивність виникнення коронного розряду через вимірювання струму корони в системі, яка складається із високовольтної поверхні та заземленої із встановленим на ній електропровідним стрижнем. Наведено опис випробувального стенду та методику проведення експериментальних досліджень. Виконаний теоретичний аналіз отриманих в експериментах результатів. Визначений зв'язок між виникненням корони та об'ємом зони, в якій напруженість електричного поля перевищує рівень проббою.

В четвертому розділі описано застосування розроблених методів моделювання розподілу електричного поля в околі видовжених стрижнів для визначення умов виникнення розрядів в стрижневих системах. Для забезпечення умов ефективного використання систем масивів вуглецевих нанотрубок як холодних емітерів було визначено вплив на рівень напруженості в околі верхівок елементів масиву взаємного розташування елементів та їхніх геометричних параметрів. Для визначення зон в околі конструкцій ліній електропередачі, в яких в грозових умовах можливе виникнення коронного розряду та висхідних лідерів, проведено моделювання розподілу електричного поля при різному розташуванні струмопроводів ЛЕП. Наведений результат використання статистичної моделі розвитку лідера блискавки, що враховує вплив висхідних іскор від об'єкта, при обранні ефективного засобу блискавкозахисту будівлі на території високовольтної підстанції.

Висновки до розділів та до роботи відповідають змісту.

Список використаних джерел складається з 146 найменувань та містить сучасні публікації провідних дослідників та фундаментальні роботи з цього напрямку.

В анотації наведено основний зміст дисертації та в розкрито наукові результати та практичну цінність роботи.

У додатках наведені копії актів про використання результатів дисертаційної роботи.

8. Академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності в дисертаційній роботі та наукових публікаціях автора, які висвітлюють основні наукові результати дисертації, не виявлено.

9. По дисертаційній роботі можна зробити такі зауваження:

1) Мета роботи полягає у визначенні умов виникнення високовольтних розрядів від заземлених об'єктів, при цьому у підрозділі 1.1 проаналізовано умови виникнення висхідних лідерів від елементів заземлених конструкцій та вплив на їхній розвиток коронного розряду, але дослідження умов виникнення самого коронного розряду, наприклад від елементів конструкцій ЛЕП, не достатньо проаналізовані.

2) В підрозділі 2.3 представлений підхід до числового моделювання розподілу електричного поля видовженого електропровідного стрижня з використанням методу числового інтегрування, проте для наукової спільноти було б цікаво більш детально ознайомитись з алгоритмом роботи програми. Можливо у вигляді додатку до дисертації.

3) В роботі в розділі 4 досліджується розподіл напруженості електричного поля в околі ліній електропередачі в грозових умовах та вплив електропровідних елементів на цей розподіл з метою визначення умов виникнення коронного розряду. Доцільно було б в розділі 1 розглянути дослідження з цієї теми.

3) В підрозділі 4.1 при застосуванні статистичної моделі просування лідера блискавки на останньому етапі при розрахунках розподілу щільності влучення блискавки в об'єкт були досліджені лише прості конструкції споруд. Чи можливо розглянути об'єкти складніших конфігурацій, наближених до реальних складових високовольтної підстанції?

4) В підрозділі 4.3 при визначенні оптимальних параметрів масивів вуглецевих нанотрубок з метою отримання максимального емісійного струму варто було б докладніше дослідити параметри, які впливають на рівень напруженості в області їхніх верхівок.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Литвиненко Світлани Анатоліївни «Визначення умов виникнення високовольтних розрядів у системах складних просторових конфігурацій», відповідає спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та є завершеною науково-дослідною працею, в якій розв'язано важливу наукову задачу та отримані науково обґрунтовані результати, які сприяють розвитку методів моделювання електромагнітних полів для визначення оптимальних параметрів електротехнічних пристроїв та систем. Дисертація відповідає вимогам пунктів 10, 11 та 12 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167, а автор дисертаційної роботи Литвиненко Світлана Анатоліївна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Офіційний опонент, доктор технічних наук,
доцент кафедри теоретичної електротехніки
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», м. Київ

