

## ВІДГУК

### офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Федосеєнко Олени Миколаївни «Визначення електричних характеристик заземлювальних пристроїв електроустановок на основі повного моделювання об'ємних заземлювачів», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи.**

#### **Актуальність теми дисертації**

Основним фактором безпечної експлуатації, блискавкозахисту, а також нормального функціонування електроустановок в значній мірі є працездатність їх заземлювальних пристроїв. Параметрами за значеннями яких контролюють стан заземлювального пристрою є: опір заземлювального пристрою, напруга дотику та напруга на заземлювальному пристрої. Важливою є задача підвищення точності їх визначення.

Характеристики заземлюючих пристроїв електричних станцій і підстанцій з відкритими розподільними установками безпосередньо визначають електромагнітну обстановку на цих об'єктах. В умовах впровадження все більшої кількості мікропроцесорних релейних захистів актуальність проблеми електромагнітної сумісності на енергооб'єктах зростає. Цей аспект робить обов'язковим детальне врахування природних заземлювачів у розрахунку електричних характеристик заземлюючих пристроїв через їх вплив на рівень електромагнітних завад.

Окрім цього слід зазначити, що стан заземлюючих пристроїв на теперішній час потребує робіт з подовження строку експлуатації, поточного та капітального ремонту. З огляду на це питання розробки методик модернізації конструктивних параметрів заземлюючих пристроїв є актуальними і потребують свого вирішення.

Тому дисертаційна робота Федосеєнко Олени Миколаївни присвячена рішення актуальної проблеми удосконалення математичної моделі заземлювальних пристроїв за допомогою детального врахування об'ємних

*Третій розділ* присвячено вирішенню задачі еквівалентування природних зосереджених заземлювачів сукупністю прямолінійних електродів, розташованих довільним чином в двошаровій моделі землі. Важливо, що запропоновані моделі є обґрунтованими по еквівалентним електричним характеристикам, що включає такі критерії еквівалентності як наближення по опорі і наближення по потенціалам точок на поверхні землі.

У *четвертому розділі* розроблено технічне рішення, а саме конструкцію штучного електрода заземлення, який характеризується збільшеною площею контакту його поверхні з ґрунтом за рахунок заповнення свердловини з електродом технічним вуглецем. Завдяки чому, електрод заземлення отримав можливість підвищеної провідності розтіканню. Його застосування задовольняє вимогам технологічності виконання, в тому числі, в умовах діючих електроустановок. Отримано еквівалентну модель вказаного електрода для врахування його при розрахунках електричних характеристик заземлюючих пристроїв електроустановок.

У *п'ятому розділі* удосконалено алгоритм розрахунку складних ЗП електроустановок, який дозволяє підвищити точність розрахунків урахуванням об'ємних заземлювачів, таких як залізобетонних стійок і фундаментів, та електродів підвищеної провідності розтіканню як сукупності прямолінійних електродів. Проаналізовано вплив об'ємних заземлювачів на розподіл потенціалів на території підстанцій діючих електроустановок класом напруги 110 кВ.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна.** В дисертаційній роботі Федосеєнко О.М. отримала результати, які мають суттєву **наукову новизну**:

- удосконалено метод заміщення об'ємних заземлювачів, який відрізняється від існуючих обранням еквівалентної сукупності лінійних електродів по еквівалентним електричним характеристикам з використанням двошарової моделі електронної структури землі, що дозволяє врахувати зазначені заземлювачі в розрахунку складного заземлюючого пристрою;

- вперше запропоновано метод оптимізації конструктивних параметрів

заземлювачів, а також оптимізації конструктивних параметрів складних комбінованих заземлювачів шляхом використання штучних електродів заземлення, розміщених в обмеженому об'ємі технічного вуглецю.

Дисертація виконана згідно планів наукових досліджень кафедри передачі електричної енергії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ») Міністерства освіти і науки України у відповідності до госпдоговорів: «Розробка алгоритму та програми розрахунку нееквіпотенційних заземлюючих пристроїв електроустановок з урахуванням провідності природних заземлювачів» (договір № 37434-2005 НТУ «ХПІ» з ГПНДІ «Укренергомережпроект»); «Розробка електродів підвищеної провідності розтіканню і їх впровадження з метою досягнення припустимих значень нормованих параметрів заземлювача підстанції 110/10 кВ «Орджонікідзе» (договір № 37806-2008 НТУ«ХПІ» з АК «Харківобленерго»), де здобувач був відповідальним виконавцем.

**Короткий аналіз змісту дисертації і відповідність його поставленим задачам.**

У *першому розділі* проведено аналіз сучасного стану проблеми, визначені основні функції заземлюючих пристроїв та перелік відповідних нормованих параметрів, вказані проблеми об'єктивного їх визначення. Виявлено основні тенденції виконання заземлюючих пристроїв, які допомагають забезпечити досягнення допустимих значень нормованих параметрів. Проведено аналіз існуючих методів розрахунку електричних характеристик складних заземлюючих пристроїв та сформульована мета і наукові задачі дисертаційного дослідження.

У *другому розділі* розглянуті математичні моделі заземлюючих пристроїв. Обґрунтовано необхідність розгляду заземлюючих пристроїв як складного електричного кола з розподіленими параметрами. Розроблено математичні моделі для заміщення об'ємних заземлювачів при розрахунках електричних характеристик складних заземлюючих пристроїв електроустановок. Виведено вирази для розрахунку потенціалу, наведеного довільним чином розташованим елементом заземлювача в двошаровій землі.

складних заземлюючих пристроїв електроустановок, який відрізняється від існуючих встановленням штучного електрода заземлення в центр свердловини діаметром не більшим ніж 50 діаметрів електроду, яку заповнюють дрібнодисперсним технічним вуглецем, що дозволяє привести величини нормованих параметрів заземлюючих пристроїв до допустимих значень;

- отримала подальший розвиток математична модель складних заземлюючих пристроїв електроустановок, яка відрізняється від існуючих урахуванням об'ємних заземлювачів, а також електродів підвищеної провідності розтіканню як сукупності прямолінійних електродів, що дає можливість отримати уточнені параметри заземлюючих пристроїв електроустановок;

- отримала подальший розвиток математична модель розрахунку наведеного потенціалу, яка відрізняється від існуючих розташуванням горизонтального електрода в нижньому шарі двошарової розрахункової моделі землі, а також на довільній відстані від поверхні землі, що дає можливість підвищити точність розрахунку електричних характеристик нееквіпотенційних заземлюючих пристроїв.

Висновки по розділах і по роботі в цілому відповідають змісту дисертації і є об'єктивними. Можна стверджувати, що викладені у дисертаційній роботі Федосеєнко О.М. теоретико-методичні положення, висновки і рекомендації щодо використання результатів досліджень достатньою мірою науково обґрунтовані. Вони базуються на фундаментальних положеннях електротехніки, враховують опубліковані результати наукових досліджень та зарубіжний досвід оптимізації параметрів заземлюючих пристроїв електроустановок. Достовірність їх забезпечена коректністю використання математичного апарату та наукових положень.

Основні результати дослідження **достатньо апробовані**. Вони доповідались на науково-технічних конференціях і опубліковані у 20 роботах, з них: 12 статей у фахових наукових виданнях України (1 - включена до міжнародної наукометричної бази Web of Science), 3 – патенти України; 5 – у матеріалах конференцій. Аналіз публікацій дозволяє зробити висновок, що в

них в повному об'ємі опубліковані матеріали дисертації. Автореферат дисертації відображає її зміст, ідеї і висновки. У авторефераті розкрито внесок автора в даний науковий напрям, розкриті новизна розробок, теоретичні і практичні значення результатів проведених досліджень.

**Практична цінність отриманих результатів.** Для електроенергетичної галузі України практична цінність полягає в тому, що на підставі виконаних досліджень визначені способи підвищення надійності функціонування електроустановок шляхом оптимізації конструктивних параметрів заземлюючих пристроїв, що полягає в використанні штучних електродів заземлення підвищеної провідності розтіканню. Окрім того, результати досліджень допоможуть отримати більш коректні значення електричних характеристик заземлюючих пристроїв електроустановок шляхом детального врахування об'ємних заземлювачів. Такий підхід дозволить розраховувати падіння напруги по заземлюючому пристрою при короткому замиканні для забезпечення завадо захисної функції заземлення.

Результати дисертаційної роботи були впроваджені

– у АК «Харківобленерго», де застосування розроблених електродів заземлення підвищеної провідності розтіканню забезпечило зниження розрахункових значень напруги дотику на відкритій розподільчій установці діючої електричної підстанції напругою класом 110 кВ.

– у навчальному процесі кафедри передачі електричної енергії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» для студентів спеціальностей 141 спеціальності за спеціалізаціями: 141-02 «Електричні системи та мережі» під час викладання курсів лекцій з навчальних дисциплін – «Техніка та електрофізика високих напруг», «Грозивий захист електричних мереж та підстанцій», «Проектування ліній та підстанцій» та «Охорона праці в електроенергетиці».

Зауваження по роботі:

1. При вирішенні крайової задачі для рівняння Лапласа автор виконав програмну реалізацію розрахунку електричного поля на основі метода кінцевих елементів (розділ 2). Для вирішення цієї задачі можна було б скористатися

інтерактивним середовищем FemLab для моделювання науково-технічних завдань.

2. Розроблена математична модель нееквіпотенційного заземлюючого пристрою побудована за умови квазістаціонарності електричних процесів при протіканні струмів короткого замикання. У той самий час, в роботі не розглянуто перехідні процеси при короткому замиканні та можливість протікання аварійного струму блискавки при прямому ударі в блискавковідводи електричної станції чи підстанції.

3. При визначенні еквівалентної моделі електрода з підвищеною провідністю розтіканню варто було б розглянути конструкцію із системи вертикальних електродів однакової довжини, які розміщені по периметру свердловини.

4. В розділі 5 для оцінки ЕРС, що наводиться у вторинних колах, запропоновано алгоритм визначення поздовжніх струмів КЗ по горизонтальних заземлювачах. Непогано було б спробувати реалізувати цей алгоритм для виявлення найбільш безпечних (з точки зору ЕМС) ділянок території електроустановки для прокладки на них інформаційних і керуючих кіл.

5. В роботі реалізовано принцип автоматизації розрахунку електричного поля та опору розтікання. Бажано було б навести в роботі алгоритм, текст та інтерфейс програм для оцінки коректності програмної реалізації математичних моделей.

6. У роботі є стилістичні і орфографічні помилки, присутні русізми, наприклад на с. 25 не «еквіпотенціальний» а «еквіпотенційний».

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

## **ВИСНОВКИ**

Зміст дисертації Федосеєнко Олени Миколаївни відповідає спеціальності 05.14.02, за якою вона представлена до захисту. Дисертаційна робота має наукову і практичну цінність, є закінченою науково-дослідною роботою, яка присвячена вирішенню важливої проблеми для електроенергетики –

визначення електричних характеристик складних заземлюючих пристроїв електроустановок відповідно до їх функціонального призначення. Зокрема запропоновано спосіб модернізації заземлюючих пристроїв електроустановок шляхом оптимізації конструктивних параметрів, а також удосконалення алгоритму розрахунку заземлюючих пристроїв через врахування об'ємних заземлювачів.

Дисертаційна робота за актуальністю теми, обґрунтованістю та достовірністю наукових положень, новизною досліджень і практичною цінністю отриманих результатів відповідає положенням п.п. 9, 11 і 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 р., №656), щодо кандидатських дисертацій. Її автор, Федосєєнко Олена Миколаївна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі та системи.

Офіційний опонент

Кандидат технічних наук, доц.

в.о. завідувача кафедри фізики,

електротехніки та електроенергетики

Української інженерно-педагогічної академії



*А.М. Чернюк*  
А.М. Чернюк

*Олена Чернюк*  
Зачальник ВК УІПА  
08.12.2018  
дата