

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Федосєєнко 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

Особливості заземлення нейтралі є однією з визначальних характеристик для протікання нормальних та аномальних режимів в електричних мережах різного ієрархічного рівня. Заземлення електроустановок є також суттєвим фактором безпечної експлуатації електрообладнання. Тому заземлювальні пристрої являються одним з найважливіших елементів електричних мереж. Але, як показує досвід, заземлювальні пристрої енергооб'єктів традиційної конструкції, які знаходяться в експлуатації понад 10 років, зазнають суттєвих змін через корозію поверхні. Крім того, внаслідок технічного прогресу, зростають і вимоги до заземлювальних пристроїв. Таким чином вони потребують постійного проведення робіт з метою відновлення їх функцій та модернізації.

Тому можна зробити висновок, що тема дисертаційної роботи Федосєєнко Олени Миколаївни, яка присвячена вирішенню задачі розробки методів удосконалення заземлювальних пристроїв шляхом моделювання і проектування об'ємних складних комбінованих заземлювачів зі штучними електродами в обмеженому об'ємі технічного вуглецю, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Актуальність теми, відповідно до поданих дисертаційних матеріалів, підтверджується тим, що результати досліджень є складовою частиною науково-дослідних робіт, виконаних на кафедрі «Передача електричної енергії» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ») Міністерства освіти і науки України: «Розробка алгоритму та програми розрахунку нееквівалентних 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»), в яких здобувач була відповідальним виконавцем.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна

В своїй дисертації Федосеєнко О.М. отримала такі результати, які мають суттєву **наукову новизну**:

- удосконалено метод моделювання об'ємних заземлювачів, який відрізняється від існуючих обранням моделі за еквівалентними електричними характеристикам з використанням двошарової моделі структури землі, що дозволило коректно враховувати характеристики окремих заземлювачів при дослідженні складного заземлювального пристрою;

- вперше запропоновано метод оптимізації конструктивних параметрів складних заземлюючих пристроїв електроустановок, шляхом використання штучних електродів заземлення, розміщених в обмеженому об'ємі технічного вуглецю, що дозволило задовольнити сучасні вимоги до параметрів заземлюючих пристроїв;

- отримала подальший розвиток математична модель складних заземлюючих пристроїв електроустановок, яка відрізняється від існуючих представленням електродів підвищеної провідності для розтікання струмів як сукупності прямолінійних електродів, що дало можливість уточнити параметри реальних заземлюючих пристроїв електроустановок;

- удосконалена математична модель для дослідження наведеного потенціалу, яка відрізняється від існуючих наявністю на довільній відстані від поверхні землі горизонтального електрода в нижньому шарі двошарової розрахункової моделі землі, що забезпечило виконання коректного аналізу нееквіпотенційних заземлюючих пристроїв.

Наукові положення і висновки відносно суті проблеми, принципів і методів побудови математичних моделей характеризуються тісним взаємозв'язком результатів теоретичного та експериментального досліджень, коректністю постановки завдань досліджень та використанням адекватних методів їх рішення. Тому можна вважати їх в достатній мірі обґрунтованими, як і рекомендації, що зроблені на їх основі.

Достовірність одержаних результатів дисертаційного дослідження ґрунтується на:

- застосуванні комплексного підходу до розв'язання теоретичних і експериментальних задач;

- коректності постановки математичних задач та адекватності розрахунків потенціалу створеного об'ємними заземлювачами при розташуванні їх в будь-якому шарі двошарової геоелектричної структури;

- зіставленні результатів тестових розрахунків, отриманих з використанням запропонованої математичної моделі з результатами досліджень, що були виконані іншими вченими;
- відповідності результату моделювання експериментальним дослідженням в діючих електричних мережах.

Короткий аналіз змісту дисертації і відповідність його поставленим задачам

У *вступі* дана загальна характеристика предмету досліджень, показані актуальність теми і зв'язок роботи з науковими програмами, сформовано мету та задачі дослідження, визначено об'єкт та методи дослідження, розкрито наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів, особистий вклад здобувача.

У *першому розділі* автором проведено аналіз існуючих методів розрахунку електричних характеристик заземлювального пристрою. Сформовано напрямки вдосконалення методик визначення величин нормованих параметрів заземлювальних пристроїв. Показано, що розрахункові еквіваленти природних заземлювачів в традиційних дослідженнях мають обмежені сфери використання через те, що, зокрема, передбачають однорідність електричної структури землі, крім того, вони не є обґрунтованими по еквівалентним електричним характеристикам. На основі аналізу формування електричних характеристик складних заземлювальних пристроїв електроустановок показана необхідність розробки нової моделі вертикального електрода з підвищеною провідністю розтіканню.

У *другому розділі* представлено аналіз математичних моделей заземлювачів, зокрема, моделі об'ємних заземлювачів у вигляді суцільного провідного тіла обертання, запропоновано спосіб застосування цієї моделі як еталонної, тому що вона безпосередньо забезпечує виконання умови сталості потенціалу на поверхні електрода. Автором запропонована математична модель розрахунку наведеного потенціалу, що включає взаємні опори довільним чином розташованих елементів заземлювача в двошаровій землі.

У *третьому розділі* розроблено новий метод моделювання природних зосереджених заземлювачів сукупністю прямолінійних електродів. Обґрунтовано застосування двох еквівалентних критеріїв моделювання об'ємних заземлювачів, а саме: наближення по значенню опору і наближення по потенціалу точок, створюваних на поверхні землі. Отримано електричні характеристики природних зосереджених заземлювачів з використанням апробованої моделі. Запропоновано розрахункову сукупність прямолінійних електродів для заміщення вказаних заземлювачів.

У *четвертому розділі* запропоновано технічне рішення щодо виконання

вертикальних електродів заземлення, підвищення функціональності яких здійснюється шляхом розміщення кожного з електродів в центрі свердловини, що заповнюється дрібнодисперсним технічним вуглецем. Використання запропонованого автором технічного рішення забезпечує виконання низки завдань, а саме: доведення до нормованих значень параметрів заземлювальних пристроїв діючих електроустановок шляхом оптимізації конструктивних характеристик; зниження рівнів поздовжніх струмів, що протікають по заземлювачам; зниження рівня впливу сторонніх електромагнітних полів на вторинні кола обладнання. Визначена інтенсивність корозії сталевих елементів заземлювального пристрою в середовищі з технічного вуглецю. За умовами корозії запропоновано способи виконання штучних електродів заземлення. Отримано розрахункову сукупність еквівалентних електродів для введення вертикальних заземлювачів, розташованих в обмеженому об'ємі технічного вуглецю, в моделі складних заземлювальних пристроїв. Запропоноване технічне рішення було реалізовано на діючому енергооб'єкті для забезпечення нормальних значень електричних характеристик заземлювального пристрою електричної підстанції напругою 110 кВ.

У *п'ятому розділі* доведена доцільність використання удосконаленого алгоритму розрахунку електричних характеристик складних заземлювачів в двошаровій моделі землі з урахуванням провідності об'ємних заземлювачів. Проведена оцінка достовірності визначення електричних характеристик складного заземлювального пристрою електроустановки за допомогою запропонованого методу розрахунку. Наведені результати розрахунків, що характеризують вплив електродів підвищеної провідності розтіканню на розподіл потенціалів на території підстанції.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності

В процесі роботи над дисертацією Федосеєнко О.М., яка використовувала сучасні методи і технічні засоби, провела сукупність наукових досліджень, розв'язала актуальні теоретичні задачі і досягла поставленої мети – вдосконалення заземлюючих пристроїв електроустановок шляхом оптимізації параметрів при проектуванні, а також забезпечення нормативних значень параметрів складних комбінованих заземлювачів діючих електроустановок при експлуатації шляхом використання штучних електродів заземлення підвищеної провідності розтіканню. Таким чином, можна вважати дисертаційну роботу завершеною.

Практична цінність отриманих результатів

Практичне значення одержаних результатів для електроенергетики полягає в забезпеченні допустимих значень нормованих параметрів

заземлювальних пристроїв за рахунок коректного моделювання процесів, а також використання розробленого технічного рішення, - виконання вертикальних електродів заземлення нової конструкції з підвищеними характеристиками. Слід також зауважити, що запропоновані моделі дозволяють виявити найбільш безпечні (з точки зору ЕМС) ділянки території електроустановки для прокладки на них інформаційних і керуючих кіл. Результати досліджень впроваджені в АК «Харківобленерго», що підтверджується відповідними документами.

Також результати роботи впроваджено в навчальний процес Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», де вони використані при підготовці лекційних матеріалів для навчальних дисциплін – «Техніка та електрофізика високих напруг», «Грозовий захист електричних мереж та підстанцій», «Проектування ліній та підстанцій» та «Охорона праці в електроенергетиці».

Теоретичні результати дисертаційної роботи можуть бути в подальшому використані в наукових та проектних організаціях, які займаються дослідженнями електричних параметрів обладнання електричних мереж та розробкою методів і засобів їх оптимізації.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основні результати дослідження мають достатній ступінь апробації. Вони доповідались на ряді науково-технічних конференцій і опубліковані в 20 друкованих працях, з них: 12 статей у наукових фахових виданнях України (1 – у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз), 3 – патенти України, 5 – у матеріалах конференцій та семінарів.

Аналіз наукових робіт автора дозволяє зробити висновок, що в них в повному об'ємі опубліковані матеріали дисертації. В цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України. Список використаних в роботі джерел складається з 92 найменувань і охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації.

У авторефераті розкрито внесок дисертанта в даний науковий напрям, показані новизна розробок, теоретичні і практичні значення результатів проведених досліджень. Автореферат відповідає змісту роботи та документу «Основні вимоги до дисертацій та авторефератів дисертацій».

По змісту та оформленню дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:

1. При обґрунтуванні актуальності роботи доцільно було навести

фактичний матеріал про аварійність на енергооб'єктах, які обумовлені недосконалістю традиційного конструктивного виконання або ушкодженням заземлювальних пристроїв. Також варто було показати вплив похибок прийнятих до цього часу методів розрахунку електричних характеристик на ефективність функціонування цих пристроїв.

2. Автор у своїй роботі використовує матриці для опису математичних моделей об'єктів та процесів. Але відомо, що це спричиняє квадратичне зростання вимог до обчислювальних ресурсів. В той же час, в другому розділі при розрахунках електричних характеристик заземлювачів використовується розріджена матриця стрічкової (смугової) структури (стор. 64), що пояснюється відсутністю прямої взаємодії параметрів на відносно великих відстанях. Для підвищення ефективності обчислювальних процедур при реалізації запропонованої моделі доцільно було використати цей фактор, тим більше, що бібліотеки стандартних математичних програм, як правило, включають відповідні функції.

3. Третій розділ дисертації переобтяжено однотипними математичними виразами, числовим та графічним матеріалом прикладів застосування розробленого методу при вирішенні конкретних задач. Оскільки цей матеріал є, скоріше за все, чисто ілюстративним, доцільно було б його розмістити в додатку.

4. В роботі запропоновано принцип моделювання природних заземлювачів та отримані моделі підножників і стійок які висвітлені досить детально. Але автор розглядає загальну постановку питання, - методи моделювання природних заземлювачів. Тому варто було б хоча побіжно згадати інші варіанти розповсюджених природних заземлювачів, наприклад, кабельних каналів на території електричних підстанцій. Тим більше, що якраз вони мають більший вплив на вирішення іншої задачі дисертаційної роботи – обрання для каналів зв'язку ділянок землі з мінімальними електромагнітними просторовими завадами.

5. Автор, наприклад в третьому розділі, згадує про програмну реалізацію розроблених математичних моделей. Однак детальні описи такої реалізації відсутні. Варто було б навести їх хоча б додатках, для того щоб була можливість оцінити ефективність реалізації та можливість практичного використання програм в умовах проектування та експлуатації електричних мереж.

6. При загальному високому рівні оформлення дисертації в ній зустрічаються певні описки та помилки. На сторінках 9, 35 та 153 використовується дослівний переклад з російської – електричний ланцюг, замість електричного кола, як це прийнято в інших мовах. І зовсім незрозуміло, про яку ланцюгову задачу йдеться на сторінці 36. На стор. 4 замість ЗУ має бути

ЗП; опір екрану кабелю слід було б позначити $z_{0\text{екр}}$ замість $z_{0\text{экр}}$ (стор. 136, 137) і т.д.

Але необхідно зробити висновок, що зазначені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву результати досліджень. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Федосеєнко О.М., її наукову новизну і практичну цінність.

Висновок

Дисертаційна робота Федосеєнко Олени Миколаївни «Визначення електричних характеристик заземлювальних пристроїв електроустановок на основі повного моделювання об'ємних заземлювачів» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи. Робота характеризується вирішенням актуальної теоретичної проблеми, науковою новизною та практичною цінністю. Вона являє собою закінчену роботу, яка технічно грамотно написана і містить переконливий ілюстративний матеріал. Результати роботи впроваджені на діючих енергооб'єктах.

Враховуючи вищевказане, вважаю, що дисертаційна робота за актуальністю теми, обґрунтованістю та достовірністю наукових положень, новизною досліджень і практичною цінністю отриманих результатів відповідає вимогам п.п. 9, 11 і 12 «Порядку присудження наукових ступенів», щодо кандидатських дисертацій, а її автор Федосеєнко Олена Миколаївна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи.

Офіційний опонент, завідувач відділу
оптимізації систем електропостачання
Інституту електродинаміки НАН України
доктор технічних наук, старший
науковий співробітник
4.12.2018р.



Ю.І. Тугай

