

СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ПРОВІДНОСТІ РОЗТІКАННЮ ВЕРТИКАЛЬНИХ ЗАЗЕМЛЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Федосєєнко О. М.

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Запропоновано варіант виконання вертикального електрода заземлення електричних станцій і підстанцій з відкритими розподільчими пристроями.

Постановка проблеми. Підвищена чутливість цифрових пристроїв автоматизації, контролю, сигналізації та зв'язку до електромагнітних полів призвела до необхідності зменшити електромагнітний вплив на об'єктах електроенергетики. Зниження електромагнітних завад може бути досягнуто за рахунок зміни конструкції заземлюючих пристроїв (ЗП).

Виконання складного комбінованого заземлювача повинно бути таким, щоб забезпечувалося відповідність його характеристик допустимим значенням нормативних параметрів. Якість виконання багатофункціональних ЗП в значній мірі визначає безпечну експлуатацію і нормальне функціонування електроустановок. Складні комбіновані заземлювачі електроустановок конструктивно виконуються як електрично пов'язані між собою штучні поздовжні і поперечні горизонтальні електроди заземлення, що утворюють заземлювальну сітку, і вертикальні електроди, розташовані по її периметру [1].

Зниження рівнів поздовжніх струмів, що протікають по заземлювачам, забезпечує, тим самим, зниження рівня електромагнітних впливів на вторинне обладнання. Рішення як цього завдання, так і завдання доведення до нормованих значень параметрів ЗУ діючих електроустановок, може бути виконано з використанням штучного електрода заземлення, що володіє досить великою поверхнею, що контактує з ґрунтом, за умови його технологічності. Назвемо такий електрод електродом заземлення підвищеної провідності розтіканню струму. Використання електродів підвищеної провідності розтіканню можливо за умови отримання необхідних технічних рішень і направлено на оптимізацію конструктивних характеристик складних ЗУ електроустановок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток електротехніки і безперервне вдосконалення застосовуваного телекомунікаційного електрообладнання вимагали пошуку нових технічних рішень конструкцій заземлюючих пристроїв, в тому числі для переходу від традиційних до сучасних модульно-стрижневих [2]. Важливими умовами надійної роботи модульно-стержневих заземлювачів є: застосування матеріалів і конструкцій, стійких до корозії [3]; використання рішень, що підвищують продуктивність робіт.

Вертикальні електроди використовують, якщо співвідношення питомих опорів шарів двошарової розрахункової моделі землі $\rho_1/\rho_2 > 0,8$ (при співвідношенні $0,1 \geq \rho_1/\rho_2 \geq 0,8$ необхідне значення опору заземлювача можуть забезпечити тільки горизонтальні електроди). Довжину вертикальних електродів до-

цільно вибирати в залежності від h по співвідношенню $l_v \geq 2h$, але не менше 5 м; тут: h - потужність верхнього шару, l_v - довжина вертикальних електродів [1]. В роботі [4] рекомендовано при виконанні складних комбінованих заземлювачів з дотриманням вимог, що пред'являються до їх характеристик, застосовувати вертикальні заземлювачі підвищеної довжини, якщо з глибиною від поверхні землі її питомий опір знижується. Зниження перенапруг, обумовлених електромагнітним зв'язком між джерелом впливу і ланцюгами, схильними до впливу, рекомендовано [2] за рахунок установки додаткових вертикальних електродів заземлення або виконання виносного заземлення. Робота [5] пропонує технічне рішення заглиблення вертикальних електродів заземлення шляхом розміщення кожного з них в центрі свердловини діаметром не більше 50 діаметрів електрода, яка заповнюється дрібнодисперсним технічним вуглецем, причому на поверхні електрода для зниження швидкості корозії попередньо формується тверда струмопровідна плівка. Це виконання вертикальних електродів в обмеженому свердловиною обсязі технічного вуглецю ефективно покращує електричні характеристики складного комбінованого заземлювача. Разом з тим, розрахунок електричних характеристик з використанням можливостей відомих алгоритмів [1] вимагає заміщення вертикального електрода, розташованого в обмеженому свердловиною обсязі технічного вуглецю, сукупністю прямолінійних електродів. Спосіб заміщення природних зосереджених заземлювачів сукупністю прямолінійних електродів запропонований в роботі [6].

Мета статті. Метою цієї роботи є розробка та експериментальна перевірка електродів підвищеної провідності розтіканню і заміщення цих електродів при математичному моделюванні електричних характеристик складних заземлюючих пристроїв.

Основні матеріали дослідження. Провідність розтіканню електродів підвищеної провідності розтіканню, у вигляді провідника, розташованого в центрі свердловини з струмопровідним заповненням, за результатами досліджень [6, 7] може визначатися як для суцільного провідного тіла. В роботі [6] запропоновано спосіб заміщення вертикального електрода заземлення підвищеної провідності розтіканню струму при розрахунках складних заземлюючих пристроїв електроустановок. Еквівалентна модель у вигляді сукупності прямолінійних електродів вибирається по рівнозначним електричним характеристикам заземлювача в двошарової землі. Було прийнято два критерії еквівалентності: наближення по опору і наближення по по-

тенціалом точок на поверхні землі в процесі нарощування числа заміщають прямолінійних електродів.

З достатньою для практичних розрахунків точністю вертикальний електрод заземлення підвищеної провідності розтіканню може бути заміщений сукупністю з 12 вертикальних електродів різної довжини, розташованих таким чином, щоб глибина їх занурення приблизно відповідала обрису полуеліпсоїда обернутого з поверхнею рівною поверхні циліндра, обмеженого розмірами свердловини в ґрунті [6].

Підтвердження отриманого варіанту заміщення вертикального електрода підвищеної провідності проводилось за допомогою контрольного експерименту.

З метою забезпечення нормативних значень напруги дотику, де воно перевищує допустимі значення на ВРП-110 кВ підстанції м. Харкова були виконані два вертикальних електрода підвищеної провідності розтіканню. Осторонь від заземлюючої сітки (мінімальне видалення від периферійних горизонтальних електродів ЗПУ 5,5 м) пробурені дві свердловини діаметром 0,33 м і глибиною 3 м, відстань між якими 5,1 м. У центр кожної свердловини містився електрод із сталеві штаби 40x4 мм² довжиною 2,5 м, причому один з електродів мав струмопровідне антикорозійне покриття.

Засипка свердловин проведена гранульованим технічним вуглецем марки П-803 виробництва ВАТ "Стахановський завод технічного вуглецю" (рис.1). Підключення вертикальних електродів підвищеної провідності розтіканню виконано мідним ізолюваним проводом перерізом 10 мм². Змонтовані експериментальні зразки електродів знаходяться в дослідно-промислової експлуатації.



Рисунок 1 – Монтаж вертикального електрода підвищеної провідності розтіканню: засипка свердловини технічним вуглецем

Вимірювання опору розтікання експериментальних зразків електродів з використання вимірювача

опору заземлення Ф4103-М1 (виробник - завод "Метрометр", м. Умань) дало наступні результати:

- електрод без покриття - 5,0 Ом;
- електрод з покриттям - 5,4 Ом.

Аналіз результатів вимірювання і зіставлення їх з розрахованими значеннями показав, що відмінність складає в середньому 30% і викликається похибкою вимірювання електричних характеристик ґрунту. Можна також відзначити, що обґрунтована розрахункова сукупність заміщають електродів забезпечує достатній для практичних розрахунків результат. Певна різниця в опорах розтіканню електродів без покриття та з покриттям пояснюється більш близьким розташуванням до заземлювача ПС першого із зазначених електродів.

Як показує аналіз результатів дослідних випробувань заземлювача підстанції і вимірювання опору розтікання експериментальних зразків електродів підвищеної провідності розтіканню значення напруги в тих місцях ОРУ-110 кВ, де воно перевищувало допустимі значення, знизиться до значень менших допустимих.

Розподіл потенціалів розраховуємо по всій території підстанції при різних аварійних ситуаціях – у всіх можливих точках виникнення КЗ на обладнанні підстанції. У табл. 1 наведена напруга дотику на обладнанні підстанції при КЗ на МВ трансформатора №1 з урахуванням і без урахування електродів підвищеної провідності розтіканню.

Таблиця 1 – Порівняння розрахункових значень напруги дотику при КЗ на МВ трансформатора №1

Найменування обладнання	Напруга дотику U_d , В	
	без урахування електродів	з урахуванням електродів
Тр-р №2	166,45	162,4
Тр-р №1	205,9	199,95
Р 21 Т	109,6	107,7
Р 22 Т	94,25	92,6
Р 23 Т	104	102,2
Р 24 Т	94,65	93
МВ 2Т	180,2	173,1
ШР 1Т	175,15	171,2
ШР 2Т	155,05	151,5
СР-1	168,35	164,3
СР-2	124,85	122,6
ЛР ВЛ-1	89,5	86,55
ЛР ВЛ-2	111,65	106,9

Результати розрахунків, що наведені на рис. 2, дали змогу проаналізувати вплив електродів підвищеної провідності розтіканню на нормовані параметри ЗП підстанції.

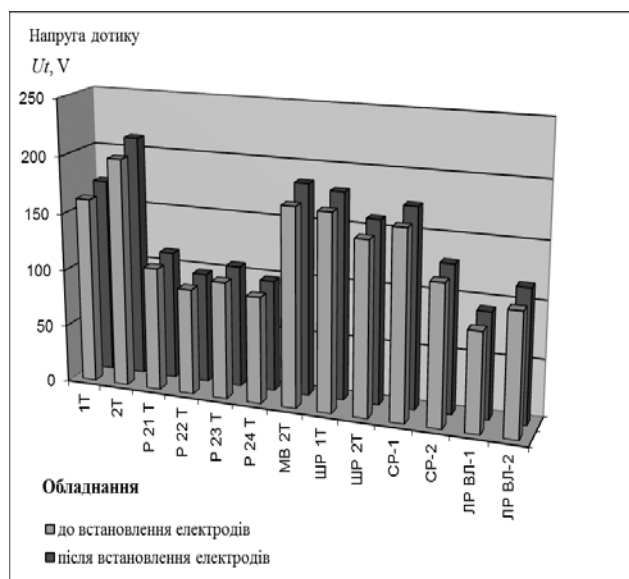


Рисунок 2 – Напруга дотику на обладнанні підстанції при КЗ на МВ трансформатора №1.

Висновки. На етапі проектування складних ЗУ електроустановок необхідно враховувати аварійну різниця потенціалів між різними точками ЗУ при КЗ на шинах РУ, яка визначається поздовжніми струмами КЗ по горизонтальним природним і штучним заземлювачам. Виконаний аналіз результатів вимірювання і зіставлення їх з розрахованими значеннями підтвердили доцільність розробки технічного рішення штучного електрода заземлення, що володіє досить великою поверхнею, що контактує з ґрунтом, тобто електрода заземлення підвищеної провідності розтіканню, що задовольняє вимогам технологічності виконання, в тому числі, в умовах діючих електроустановок. Для можливості використання зазначеного вище методу моделювання електрод підвищеної провідності розтіканню повинен бути заміщений розрахунковою сукупністю прямолінійних електродів.

Розроблена модель електрода заземлення підвищеної провідності розтіканню в двошаровій землі як сукупності прямолінійних електродів забезпечує достатній для практичних розрахунків результат.

Використання електродів підвищеної провідності розтіканню направлено на оптимізацію конструктивних характеристик складних ЗУ електроустановок. В умовах діючих електроустановок електроди підвищеної провідності розтіканню є одним з технічних рішень щодо досягнення допустимих значень нормативних параметрів заземлювача, якщо зазначені параметри перевищують допустимі.

Список використаних джерел

1. Бургсдорф В. В. Заземляющие устройства электроустановок / В. В. Бургсдорф, А. И. Якобс. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.

2. Евдокимова О. Г. Анализ развития конструкций заземляющих устройств / О. Г. Евдокимова // Бюллетень результатов научных исследований. – Санкт-Петербург. – 2012. – Выпуск 2 (1) с. 50-58.

3. Vera Sanchez, Alfredo Rosendo Diseño de la mala de puesta a tierra en la subestación terminal terrestre [Electronic resource] // Espol. – Mode of access: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31266> 2015

4. He J. Optimal design of grounding system considering the influence of seasonal frozen soil layer / J. He, Y. Gao, R. Zeng, W. Sun, J. Zou and Z. Guan // IEEE Transactions on Power Delivery. – vol. 20. – 2005. – no. 1. – pp. 107-115.

5. Патент України №23105. Спосіб виконання заземлювальних пристроїв електричних станцій та підстанцій / Мінченко А. А. Федосеєнко О. М., Мінченко Анд. А., Яровий В. М.. – 2007. – Бюл. № 6.

6. Федосеєнко Е. Н. Вертикальные электроды заземления повышенной проводимости растеканию и их замещение при расчетах электрических характеристик сложных комбинированных заземлителей / Е. Н. Федосеєнко, А. А. Минченко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків: "Технол. Центр". – 2007. – № 6/5 (30). – С. 56-59.

7. Федосеєнко Е. Н. Возможный вариант достижения нормируемых значений применительно к заземляющим устройствам действующих электроустановок / Е. Н. Федосеєнко, А. А. Минченко, Андр. А. Минченко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 19. – Кіровоград: КНТУ. – 2007. – С 255-259.

Аннотация

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПРОВОДИМОСТИ РАСТЕКАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Федосеєнко Е. Н.

Предложен вариант выполнения вертикального электрода заземления электрических станций и подстанций с открытыми распределительными устройствами.

Abstract

THE METHOD OF INCREASING CONDUCTIVITY OF THE GROUNDING ELECTRODE IN THE SUBSTATION

O. Fedoseenko

An option is proposed for the implementation of a vertical ground electrode for electric stations and substations with open switchgears.