

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОНОМНИХ ПЕРЕСУВНИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Бровко К. Ю.¹, Буданов П. Ф.²

¹ Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка,

² Українська інженерно-педагогічна академія

Запропоновано рішення задач з підвищення надійності та безпеки при експлуатації пересувних електроустановок на основі експлуатації поверхневого пересувного електролітичного заземлювача.

Постановка проблеми. Застосування пересувних електроустановок, які експлуатуються, найчастіше, у важких кліматичних умовах, накладають серйозні вимоги до забезпечення електробезпеки осіб, які їх обслуговують або працюють в безпосередній близькості від них.

Застосовувані способи забезпечення електробезпеки при експлуатації пересувних електроустановок, що включають безперервний контроль ізоляції та захисне відключення, незадовільні в нових умовах експлуатації, характеризуються різким збільшенням протяжності розподільчих мереж і потужності джерел.

В результаті цього в сумарній провідності ізоляції переважною стає ємнісна складова, що створює небезпеку ураження електричним струмом навіть в тому випадку, коли система контролю активного опору ізоляції не сигналізує про небезпеку. А системи захисного відключення, які реагують на струм витoku, часто дають помилкове спрацьовування, що унеможливає надійність роботи автономних пересувних електроустановок. Тому, проблема забезпечення надійності та безпеки при експлуатації автономних пересувних електроустановок є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основним заходом забезпечення електробезпеки в електроустановках є захисне заземлення [1]. У відповідності з [2] заземлення автономних пересувних електроустановок має виконуватися так само як і для стаціонарних електроустановок. Однак, спорудження заземлюючих пристроїв з нормованим опором заземлення для автономних пересувних електроустановок часто неможливо через їх роботу на ґрунтах з високим питомим опором.

Спорудження заземлюючих пристроїв класичної конструкції з вертикальними металевими електродами в таких ґрунтах представляє серйозну проблему і пов'язане зі значними матеріальними і часовими та трудовими затратами, що недоцільно для автономних пересувних електроустановок, режим роботи яких передбачає високу мобільність [3].

Згідно [1-3] всі відомі методи механізованого занурення в ґрунт стрижневого заземлювача можна розділити на три основні групи: занурення способом укрупчування; занурення ударним способом; занурення вдавненням.

Однак, забезпечення нормованого заземлення пересувних електроустановок шляхом збільшення числа і загальної протяжності монттованих систем заземлення в більшості випадків неефективно, а в ряді випадків просто неможливо через те, що матеріальні, трудові і часові витрати на монтаж заземлюючого при-

строю перевершують обсяги робіт самої автономної пересувної електроустановки.

Мета статті. Запропоновано рішення задач з підвищення надійності та безпеки при експлуатації автономних пересувних електроустановок на основі практичного застосування електролітичних заземлювачів.

Основні матеріали дослідження. В якості практичного використання електролітичного заземлення, запропоновано спосіб експлуатації поверхневого переносного електролітичного заземлювача (рис. 1), виконаного у вигляді металевого резервуара з пористою струмопровідною пробкою 1, ізолюючо-герметизуючою вставкою 2, повітряної камери 4, заповненої електролітом 3. Резервуар оснащений шипами-резцями 9 і монтажними ручками-упорами 8, що полегшує монтаж даного заземлювача в ґрунт. Витрата електроліту регулюється ступенем відкриття регулюючої мембрани 7. Доливка електроліту здійснюється через заливний отвір 6. До контакту 5 підключається заземлюючий провідник.

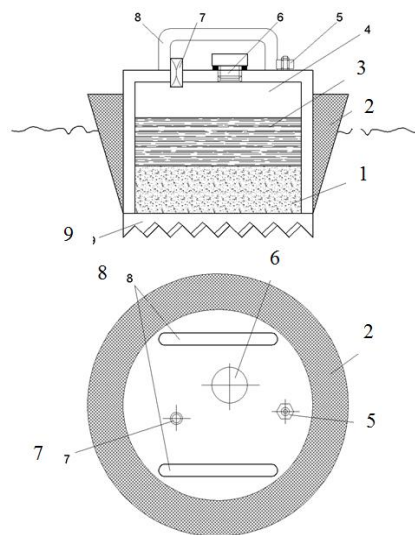


Рисунок 1 - Електролітичний заземлювач з мембраною: 1 – пориста пробка; 2 – ізолюючо-герметизуюча вставка; 3 – електроліт; 4 – повітряна камера; 5 – контактний затиск; 6 – заливний отвір з пробкою; 7 – мембрана; 8 – монтажні ручки-упори; 9 – монтажні шипи

У даній конструкції реалізовані принципи забезпечення провідності ґрунту шляхом утворення в ньому електролітичного кластера необхідних розмірів. З

фізичної точки зору поверхневий електролітичний заземлювач в контакт з землею утворює багатшарову структуру, яка просочена електролітом (рис. 2).

Дана структура містить як мінімум три характерних шарів: електроліт в порожнині поверхневого електролітичного заземлювача (1), пористу підшви, яка просочена електролітом (2), і верхній шар ґрунту (3).

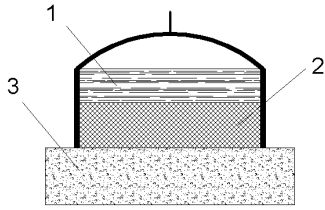


Рисунок 2 - Структура "Електролітичний заземлювач – земля"

Надійний контакт і малий електричний опір цього ланцюга забезпечується за рахунок розвиненої внутрішньої поверхні пористої підшви. Дана структура підшви забезпечує високу ефективність електрохімічного процесу внаслідок можливості протікання процесу при великих струмах в області малих поляризацій. Пористу підшви електролітичного заземлювача і верхній шар землі можна розглядати як рідинний дифузний пористий електрод. В електродах такого типу пори заповнені рідиною, в якій розчинені реагуючі речовини електроліту. Підведення цих речовин до стінок пір, здійснюється шляхом їх дифузії або в результаті фільтраційного потоку всієї рідини.

Важливою характеристикою роботи поверхневого електролітичного заземлювача є його час готовності до роботи τ і час безперервної роботи без доливання електроліту T . Час готовності до роботи визначається часом формування електролітичного кластера, який проводить, і даний час може бути скорочений максимальною швидкістю просочування електроліту в ґрунт. Час безперервної роботи електролітичного заземлювача визначається витратою електроліту на подальше підтримання необхідного обсягу кластера і може бути збільшено мінімальною витратою електроліту.

Частка порового об'єму, заповненого електролітом, необхідного для формування і подальшої підтримки електролітичного кластера, визначається виразом (1):

$$S = \int \omega_{\phi}(t) \cdot dt, \quad (1)$$

де ω_{ϕ} – швидкість фільтрації електроліту.

Як видно з рис. 3, швидкість фільтрації в період формування кластера повинна бути найбільшою, а в момент часу t_1 (коли кластер вже сформований) швидкість зменшується до мінімальних значень, що дозволить обмежити витрату електроліту і продовжити час безперервної роботи поверхневого електролітичного заземлювача. Виходячи з цього робимо висновок про необхідність регулювання швидкості фільтрації електроліту в ґрунт.

Швидкість фільтрації електроліту через пористу пробку поверхневого електролітичного заземлювача визначається рівнянням (2):

$$\omega_{\phi} = \frac{\kappa(P_{вх} - P_{вих})}{\mu \cdot l}, \quad (2)$$

де κ – коефіцієнт пористості, який враховує кількість і розмір пір пробки;

$P_{вх}, P_{вих}$ – тиск на вході і виході пористої пробки відповідно;

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості електроліту;

l – лінійний розмір (товщина) пористої пробки.

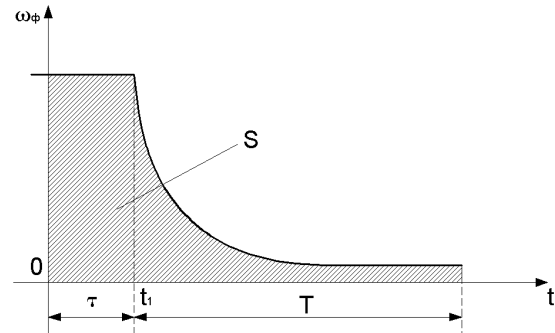


Рисунок 3 - Зміна швидкості фільтрації електроліту і частки заповненого ім порового об'єму ґрунту

При найбільшій різниці тисків швидкість фільтрації буде найбільшою, що необхідно в момент монтажу поверхневого електролітичного заземлювача, для максимально швидкого змочування ґрунту і досягнення нормованого опору заземлення. Найбільша різниця тисків забезпечується повним відкриттям залитого отвору.

При цьому тиск в повітряній камері дорівнює атмосферному тиску. Електроліт довільно фільтраційним потоком просочується в ґрунт і просочує його. Швидкість фільтрації в цей момент багато в чому залежить від стану ґрунту. Після остаточної установки поверхневого електролітичного заземлювача необхідно встановити швидкість фільтрації, яка забезпечувала б постійне змочування ґрунту з мінімальними витратами електроліту.

З цієї метою залитий отвір щільно закривається і в повітряній камері, в міру витрати електроліту утворюється тиск нижче атмосферного. При цьому різниця вхідного і вихідного тисків зменшується і відповідно зменшується швидкість фільтрації аж до практично повної зупинки за умови створення вакууму в повітряній камері.

Крім цього зменшення швидкості фільтрації розчину електроліту відбувається внаслідок зменшення гідростатичного тиску $P_{z.cm}$ у міру витікання розчину електроліту з резервуара заземлювача відповідно до лінійного закону фільтрації Дарсі (3):

$$P_{z.cm} = d_e \cdot h, \quad (3)$$

де d_e – питома вага розчину електроліту;

h – висота стовпа електроліту всередині резервуара.

З метою створення розрядженого простору в повітряній камері в конструкції передбачена герметизуюча вставка, яка максимально скорочує надходження повітря через ґрунт в резервуар поверхневого електролітичного заземлювача. Це особливо актуально для ґрунтів з великою фракцією, кам'янистих, злежалих і для сухих сипучих пісків, пористих ґрунтів.

Регульована мембрана працює на впуск повітря в повітряну камеру при певному тиску. Застосування регульованої мембрани дозволяє встановити оптимальну швидкість фільтрації електролітичного заземлювача при використанні його в ґрунтах з різними характеристиками.

Робота мембрани полягає в забезпеченні можливості регулювання величини опору розтікання електричного струму поверхневого переносного електролітичного заземлювача в ґрунті R_3 і тривалості безперервної роботи заземлювача без доливання розчину електроліту T за рахунок зміни величини об'ємної витрати Q розчину електроліту, залитого в резервуар заземлювача, шляхом управління величиною швидкості фільтрації розчину електроліту ω через дно резервуара заземлювача за допомогою зміни різниці тисків (атмосферного і тиску в повітряній камері резервуара) завдяки зміні вхідного тиску дроселювання повітря через регульовану мембрану.

Вставкою спрацювання автоматичної регулюючої мембрани є різниця атмосферного тиску і тиску всередині камери згоряння яка визначається виразом (4):

$$\Delta P = P_{\text{атм}} - P_{\text{кам}} \quad (4)$$

При досягненні уставки різниці тисків мембрана відкривається і пропускає повітря всередину повітряної камери, чим збільшує тиск $P_{\text{кам}}$ і зменшує різницю тисків до значень нижче уставки. При цьому мембрана закривається.

Очікуваний економічний ефект ΔC від використаного винаходу на одній автономній пересувній електроустановці в граничному випадку зможе бути визначений шляхом зіставлення вартості розчину електроліту, необхідного для забезпечення експлуатації розглянутого заземлювача з регульованою мембраною і нерегульованого заземлювача протягом всього терміну експлуатації пересувної електроустановки $T_{\text{нео}}$ за формулою (5):

$$\Delta C = q C_e V \frac{\Delta Q_{\text{cp.max}}^{\text{in}}}{Q_{\text{cp}}^{\text{n}} - \Delta Q_{\text{cp.max}}^{\text{in}}} s w_i \left(\frac{T_{\text{нео}}}{T_{\text{зі}}^{\text{max}}} \right), \quad (5)$$

де q – кількість поверхневих електролітичних переносних заземлювачів, використовуваних на одній пересувній електроустановці;

C_e – вартість одиниці об'єму розчину електроліту, грн/мл;

V_e – об'єм розчину електроліту, що заливається в резервуар заземлювача, мл;

Q_{cp}^{n} – середня об'ємна витрата розчину електроліту, залитого в резервуар нерегульованого поверхневого електролітичного заземлювача, мл;

$\Delta Q_{\text{cp.max}}^{\text{in}}$ – найбільша середня різниця об'ємної витрати розчину електроліту у нерегульованого зазе-

млювача і заземлювача з регулюванням тиску в камері, мл;

$T_{\text{зі}}^{\text{max}}$ – максимальна тривалість безперервної роботи регульованого поверхневого електролітичного заземлювача без доливання розчину електроліту, хв;

$s w_i(x)$ – найменше ціле, яке більше або дорівнює x .

Висновки. Показано, що надійність і безпеку автономної пересувної електроустановки значно поліпшена за рахунок практичного використання поверхневого переносного електролітичного заземлювача, шляхом забезпечення нормованого опору до 4 Ом. В разі скорочено час і трудовитрати на монтаж поверхневих переносних електролітичних заземлювачів, а в цілому на заземлення автономної пересувної електроустановки. Отримані аналітичні вирази для регулювання витрати електроліту в залежності від режиму роботи заземлювача.

Список використаних джерел

1. Чернюк А. М. Анализ методов моделирования структурно-геометрических форм проводящих пористых сред / А. М. Чернюк // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. - 2015. - Вып. 1(132). - С. 46–53.

2. Буданов П. Ф. Экспериментальное определение электрофизических параметров поверхностных электролитических заземлителей передвижных электроустановок / П. Ф. Буданов, А. М. Чернюк // Вісник НТУ "ХП". - 2013. - Вып. 17(990). - С. 8–17.

3. Буданов П. Ф. Модель перколяції провідності процесу електролітичного заземлення / П. Ф. Буданов, А. М. Чернюк // Системи обробки інформації. - 2012. - Вып. 2(30). - С. 123–128.

Аннотация

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОНОМНЫХ ПЕРЕДВИЖНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Бровко К. Ю., Буданов П. Ф.

Предложено решение задач по повышению надежности и безопасности при эксплуатации передвижных электроустановок на основе эксплуатации поверхностного передвижного электролитического заземления.

Abstract

PRACTICAL RECOMMENDATIONS TO IMPROVE RELIABILITY AND SAFETY WHEN OPERATING AUTONOMOUS MOBILE ELECTRICAL INSTALLATIONS

K. Brovko, P. Budanov

The decision is made to increase the reliability and safety in the operation of mobile electrical installations based on the use of surface mobile electrolytic grounding.