

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ ВІД КОРОЗІЇ ПІДЗЕМНИХ СТАЛЕВИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Выполнено описание электротехнической системы электрохимической защиты от коррозии подземного стального трубопровода. Приведены графики описывающие изменение во времени блуждающих токов. Предложено, с целью рационального использования электротехнической системой энергоресурсов, применить систему автоматического управления процессом формирования защитного потенциала подземного трубопровода.

Виконано опис електротехнічної системи електрохімічного захисту від корозії підземного сталевих трубопроводу. Наведені графіки описують зміну за часом струмів, що блукають. Запропоновано, з метою раціонального використання електротехнічною системою енергоресурсів, застосувати систему автоматичного керування процесом формування захисного потенціалу підземного трубопроводу.

Achieved description of the electrical system of electrochemical corrosion protection of underground steel pipelines. The graphs describing the time variation of the stray currents is given. Suggested for the rational use the electrical energy, use automatic control system of the process of forming the protective potential of the underground pipeline.

Вступ. Забезпечення цілісності підземних сталевих трубопроводів є актуальною проблемою з огляду на можливі екологічні, економічні наслідки. Порушення їх цілісності призводить до втрат речовини, що транспортується, екологічного забруднення навколишнього середовища та техногенних катастроф. Транспортні трубопровідні комунікації досить часто прокладено в безпосередній близькості від колій залізничного транспорту. Залізничний транспорт є потужним джерелом струмів, що блукають. Чисельні характеристики струмів, що блукають є змінними за часом як у залежності від навантаження (тягового локомотиву), так й в залежності від сезонних змін, що впливають на умови формування опору протіканню електричному струму. Актуальність вирішення проблеми визначення корозійного стану, параметрів ізоляційного покриття та характеристик фізичних полів, що сформовані струмами, які блукають визначено у роботах [1 – 4]. Авторами [1] звернуто увагу на те, що використання активних елементів системи електрохімічного захисту у неузгодженому режимі призводить до погіршення корозійного стану на підземному сталевому трубопроводі. Водночас, наявність активного впливу струмів, що блукають значно підвищує корозійну небезпеку. Формування математичної моделі, що достовірно здійснює опис електротехнічних та електрохімічних процесів у системі «підземний сталевий трубопровід – навколишнє середовище – станції катодного захисту» є досить непростою задачею [2].

Метою роботи є обґрунтування змін у характеристиках параметрів струмів, що блукають, доцільності сумісного автоматичного керування станціями катодного захисту від електрохімічної корозії підземного сталевих трубопроводу.

Матеріали досліджень. Підземна корозія - корозія в ґрунтах і почвах що викликається електрохімічними мікро- і макропарами, які виникають на металі

в місцях його контакту з корозійним середовищем, що відіграє роль електроліту. Корозійні пари виникають при неоднорідності металу споруди, неоднорідності структури ґрунту або складу електроліту, відмінності температури, вологості і повітропроникності ґрунту по трасі споруди. Електрокорозія – корозія металеві підземної споруди яка викликана проникненням на споруду струмів витоку з рейок електрифікованого транспорту або інших промислових електроустановок і споруд і, відповідно, має два різновиди:

- корозія струмом, що блукає;
- корозія зовнішнім струмом відбувається при протіканні через метал і електроліт електричного струму від стороннього джерела.

Залежно від інших умов і виду корозійного руйнування розрізняють суцільну і місцеву корозію, рівномірну, нерівномірну і контактну. Взаємодію ґрунтового електроліту з металом при будь-якому виді електрохімічної корозії можна розділити на два процеси: анодний і катодний [3]. Захист підземних споруд від підземної електрохімічної корозії умовно можливо розділити на пасивний захист – ізоляція споруди від контакту з навколишнім ґрунтом і обмеження впливу блукаючих струмів і активну (електрохімічну) — створення захисного потенціалу споруди по відношенню до довкілля.

Поширеним методом захисту від корозії розгалуженої системи підземних трубопроводів є методи, які впливають на середу експлуатації. Розгалуженість системи підземних сталевих трубопроводів є однією з основних відмінностей, що викликає додаткові складнощі в процес захисту від корозійних процесів, які можливо розкласти з позиції електрохімічної теорії. Катодний захист може бути реалізований як за допомогою джерел постійного струму – станцій катодного захисту (СКЗ), які є зовнішніми по відношенню до споруди, яка захищається увід електрохімічної корозії, так й за допомогою гальванічних електродів (анодів) які представляють собою електрохімічне джерело постійного струму. Обидва методи не містять в собі фундаментальних відмін, однак мають різні галузі використання й методології застосування.

Катодний захист зовнішнім струмом, як більш потужній використовують під час необхідності корозійного захисту в умовах з напруженою анодною ситуацією яка є розповсюдженою на великих ділянках. Вказаний тип захисту є пригідним для боротьби з електрохімічною корозією, яка зумовлена струмами що блукають. Катодний захист металевих споруд реалізовується за допомогою пристроїв (рис. 1):

- станція катодного захисту (джерело постійного струму, вимірювальні пристрої, електричні апарати);
- анодний заземлювач (анод);
- з'єднувальні лінії (між лінією електропередач, випрямлячем та анодним заземлювачем й металеві спорудою).

Таким чином відбуваються процеси руйнування анодного заземлювача й захист металеві споруди. Сьогодні СКЗ, які отримують поширення організовані за високочастотним принципом перетворення електричної енергії (рис. 2). Головною перевагою їх є невеликий розмір та вага, ККД.

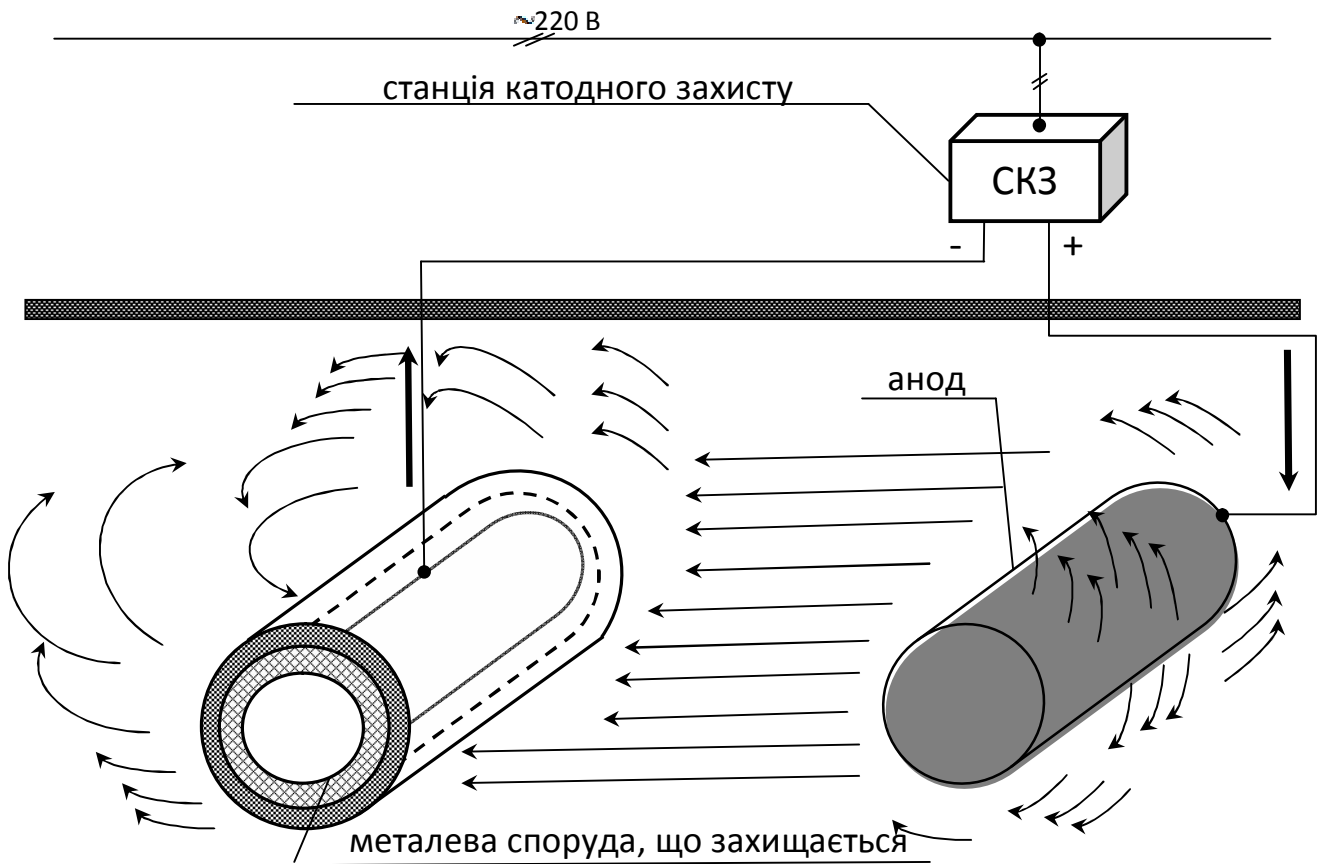


Рис. 1. Система електрохімічного захисту від корозії

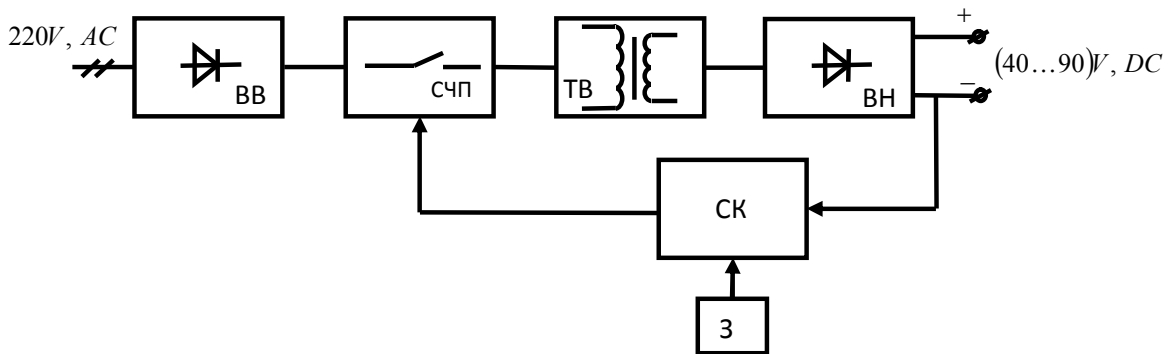


Рис. 2. Інверторний високочастотний випрямляч: ВВ – високовольтний випрямляч, СЧП – силовий частотний перетворювач, ТВ – високочастотний трансформатор, ВН – низьковольтний випрямляч, СК – система керування, З – блок завдання

Навантаженням для СКЗ струми, що протікають підземним сталевим трубопроводом та навколишнім ґрунтом. Електротехнічні характеристики сталевого трубопроводу, які впливають на значення струмів, є подібними до характеристик струмопровідного циліндру, поверхневий імпеданс якого – Z_{Π} та опір ізоляційного покриття Z_i визначається як [3]:

$$Z_i = \frac{h_i}{2\pi r_0 \tilde{\sigma}_i} \quad (1)$$

де $\tilde{\sigma}_i = \sigma_i + i\omega\varepsilon_i$; ε_i - діелектрична стала ізоляційного покриття; σ_i - провідність ізоляційного покриття; h_i - товщина ізоляційного покриття.

$$Z_{II} = \frac{(1-i)\gamma_0 J_0((1-i)\gamma_0 r_0)}{2\pi r_0 \sigma_0 J_1((1-i)\gamma_0 r_0)} \quad (2)$$

де $\gamma_0 = \sqrt{\frac{\omega\mu\sigma_0}{2}}$ - коефіцієнт згасання у циліндричному провідникові.

Якщо виконується вираз: $\gamma_0 r_0 \ll 1$ та $x \ll 1$ функції $J_0((1-i)\gamma_0 r_0)$ та $J_1((1-i)\gamma_0 r_0)$ запишемо як [3]:

$$J_0(x) \cong 1 - \frac{x^2}{4} \quad (3)$$

$$J_1(x) \cong \frac{x}{2} \left(1 - \frac{x^2}{8}\right) \quad (4)$$

$$\frac{J_0(x)}{J_1(x)} \cong \frac{2}{x} \left(1 - \frac{x^2}{8}\right) \quad (5)$$

Прийнявши, що $x = (1-i)\gamma_0 r_0 \ll 1$ на основі виразу (5) запишемо:

$$Z_{II} \cong \frac{1}{\pi r_0^2 \sigma_0} \left(1 + i \frac{\lambda_0^2 r_0^2}{4}\right) \quad (6)$$

Якщо до виразу (6) підставити вираз $\gamma_0^2 = \frac{\omega\mu\sigma_0}{2}$ то отримаємо:

$$Z_{II} = R_{II}^0 + i\omega L_{II} \quad (7)$$

де $R_{II}^0 = \frac{1}{\pi r_0^2 \sigma_0}$ - повздовжній опір струмопровідного циліндра сталому струмо-

ві; $L_{II} = \frac{\mu}{8\pi}$ - поверхнева індуктивність струмопровідного полого циліндра. За

умови виконання $\gamma_0 r_0 \gg 1$ є також має силу вираз: $\operatorname{ctg}\left((1-i)\gamma_0 r_0 \frac{\pi}{4}\right) \cong i$, враховуючи який запишемо:

$$Z_{II} \cong (1+i) \frac{\gamma_0}{2\pi r_0 \gamma_0} = R_{II} + i\omega L_{II} \quad (8)$$

де $R_{II} = \frac{1}{2\pi r_0} \sqrt{\frac{\omega\mu}{2\sigma_0}}$; $L_{II} = \frac{1}{2\pi r_0} \sqrt{\frac{\mu}{2\sigma_0\omega}}$.

Параметри сталевого трубопроводу R_{II} ; L_{II} є такими, що залежать від частоти напруги. Використання СКЗ з сучасними схемотехнічними рішеннями зумовлюють також зміни у картині струмів, які блукають. На рис. 3 наведений

сигнал який містить високочастотну складову, отриманий під час здійснення вимірів струмів, що блукають у поперечній площині по відношенні до підземного трубопроводу.

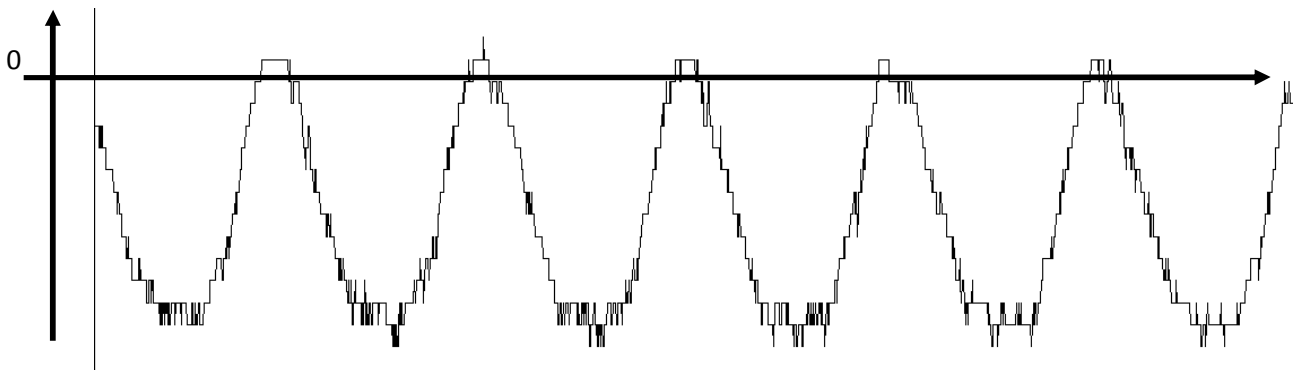


Рис. 3. Струми, що блукають виміряні у поперечній площині до трубопроводу

Як видно з рисунку 3, сигнал є чітко модульованим за алгоритмом перемикання силових ключів у сучасних високочастотних перетворювачах. Слід пам'ятати, що навіть незначний за значенням катодний струм має захисні властивості, оскільки він зменшує струм анодних пар. Ситуацію ускладнює та обставина, що захисний струм, який натікає на трубопровід є нерівномірно розподіленим за довжиною трубопроводу. Біля точки підключення станції катодного захисту до сталевого трубопроводу щільність струму є максимальною й такою, що значно перевищує значення j_{\min} , яке є достатнім для захисту (рис. 4).

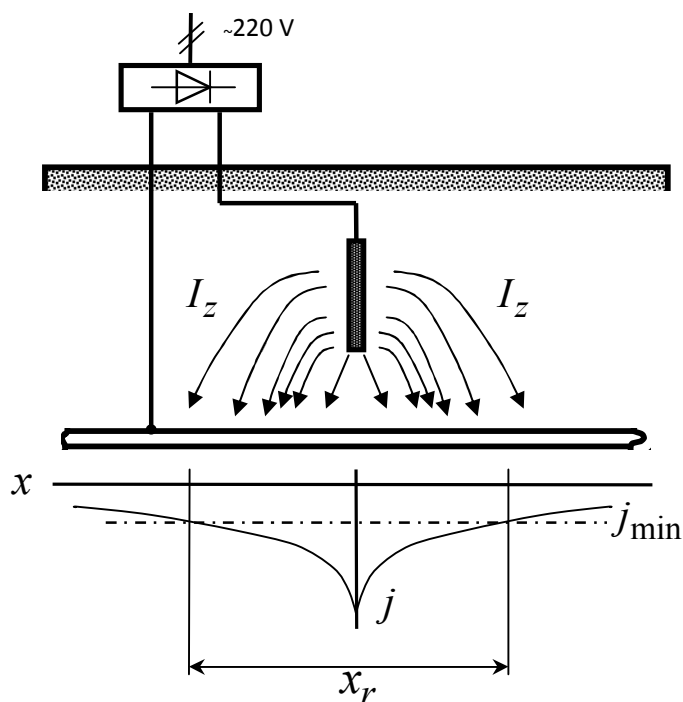


Рис. 4. Межа дії СКЗ

У цьому режимі відбувається нераціональне використання енергоресурсів та матеріалу анодного заземлювача. Для запобігання цьому явищу, враховуючи те, що підземний сталевий трубопровід захищає декілька СКЗ є доцільним, використання системи сумісного автоматичного керування групою СКЗ для зменшення надлишкового значення щільності струму у точці підключення при одночасному забезпеченні відповідного рівня захисту на межі дії станції.

Висновки. Враховуючи зміну у характеристиках сигналів струмів які блукають, що зумовлено використанням сучасної елементної бази у силових перетворювачах як СКЗ так й інших електротехнічних пристроях, у тому числі й локомотивного складу залізничного транспорту, з метою забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів електротехнічною системою електрохімічного захисту сталевих трубопроводів, є доцільним синтез та використання системи автоматичного керування процесом формування захисного потенціалу підземного металофонду. Причому, враховуючи розгалуженість підземних комунікацій, доцільно використовувати дворівневу систему, у якій система автоматичного керування (САК) високого рівня формує керуючий вплив до локальних САК, об'єктом керування для яких є окремі СКЗ.

Список літератури

1. Бешта О.С. Сумісна робота станцій катодного захисту підземних металевих трубопроводів від електрохімічної корозії / О.С. Бешта, О.О. Азюковський // Проблеми підвищення ефективності електромеханічних перетворювачів в електроенергетичних системах: Матеріали наук.-техн. конф. — Севастополь: Сев. НТУ, 2013. — С. 17-19.
2. Складов С.А. Математические модели и информационные технологии автоматизированного управления системами противокоррозионной защиты магистральных трубопроводов: дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук.: 05.13.06/ Складов Станислав Александрович.- Х., 2002 - 168с.
3. Стрижевский И.В. Дмитриев В.И. Теория и расчёт влияния электрифицированной железной дороги на подземные металлические сооружения./ И.В. Стрижевский, В.И. Дмитриев. - М.: Машиностроение, 1967 - С. 227
4. Білоусова Н.А. Поляризаційні методи визначення швидкості корозії металів та їх метрологічна оцінка: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.: Спец. 05.17.14 «Хімічний опір матеріалів та захист від корозії» / Н.А. Білоусова. – Київ, 2005 – 22 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. Мецзяковим Л.І.

Надійшла до редакції 28.12.13