

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ ПІДЗЕМНИХ МЕТАЛЕВИХ СПОРУД НА ЕЛЕКТРОЛІТИЧНІЙ МОДЕЛІ

Представив д.т.н., професор Гетьман Г.К.

Вступ

В наш час світова громадськість вступила в якісно новий стан, одним з показників якого є глобальна інтенсифікація техногенних процесів, пов'язаних з розвитком різного роду комунікацій, процесів енергообміну. В зв'язку з цим в геометричній прогресії відбувається забруднення навколишнього середовища електромагнітним випромінюванням, що тягне за собою безповоротні зміни в біологічній, генетичній та соціальній структурах. Тому, електромагнітній сумісності суміжних пристроїв в наш час приділяється підвищена увага. Одним з аспектів електромагнітної сумісності є протикорозійний захист підземних металевих споруд.

Процес корозії

Корозія металу – це процес природного руйнування, викликаний хімічною або електрохімічною дією зовнішнього середовища з послідовним окисненням металу та появою продуктів корозії.

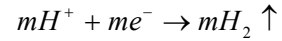
Розрізняють два види корозії: хімічну та електрохімічну. До першого виду відносять: газову корозію та корозію в неелектролітах. До другого: атмосферну, корозію в розчинах електроліту, корозію в розплавах солей, ґрунтову та електрокорозію (або корозію струмами витоку). Звичайно, електрокорозія супроводжується ґрунтовою корозією, хоча перша значно переважує над другою.

Процеси електрохімічної корозії протікають у водних розчинах. При контакті металева поверхня - розчин електроліту частки металу у вигляді гідратованих іонів намагаються перейти у розчин. В цьому випадку протікає два процеси:

- Перехід іонів з металу в розчин та утворення гідратованих іонів (окиснення або анодний процес);



- Та перехід цих іонів з розчину з виділенням їх на поверхні металу у вигляді нейтральних атомів (відновлення або катодний процес).



При цьому в металі з'являється еквівалентна кількість вільних електронів. Цей анодний процес називається само розчиненням металу. Йому відповідний катодний процес, який представляє собою асиміляцію, тобто утворення надлишкових електронів в металі будь-якими атомами, молекулами чи іонами розчину (деполяризаторами), що знаходяться поблизу поверхні металу.

Швидкості прямого та оберненого переходу в загальному випадку не однакові. Якщо розчинення металу протікає швидше, ніж його осадження, то метал по відношенню до електроліту заряджається негативно. В результаті швидкість розчинення металу знижується, а швидкість осадження – зростає.

На рис. 1 приведений розріз металевого трубопроводу з локальними порушеннями покриття, на прикладі якого можна пояснити протікання реакцій на поверхні металу при контакті з розчином електроліту, що проникає через дефекти в ізоляції. Іони металу (катіони) Me^+ , що переходять з анодних ділянок в розчин, залишають в металі електрони, які утворюють електродний потенціал, яким для кожного даного металу приблизно характеризується прагнення металу перейти в іонний стан.

З розчину до поверхні металу рухаються іони, молекули, атоми, що виконують функції деполіаризаторів та відбираючи надлишкові електрони з катодних ділянок металу.

В залежності від конкретних умов можуть протікати і інші катодні реакції деполіаризації.

В більшості випадків протікання електрохімічної корозії характеризується локалізацією анодного та катодного процесів на різних ділянках поверхні металу, які відрізняються своїми електродними потенціалами. Ці ділянки з'єднані між собою шаром металу, занурені в розчин електроліту та утворюють замкнуте електричне коло.

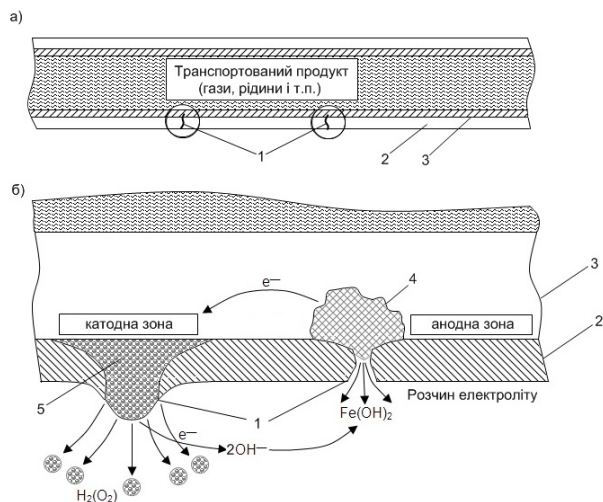


Рис. 1. Розріз металевий трубопроводу (а); схема, що пояснює процес корозійного руйнування металевий трубопроводу (б): 1 – зона дефекту в ізоляції; 2 – ізоляція; 3 – металевий трубопровід; 4 – продукти корозії металу; 5 – бульбашки газів (H_2, O_2)

Анодний струм викликає корозійні руйнування в місцях його переходу з металу в розчин. На катодних ділянках такого процесу не має, а на поверхні металу відбувається процес деполізації з вивільненням газів (H_2, O_2), які викликають відшарування (порушення адгезії) та розриви ізоляційного покриття металевих підземних споруд. На поверхні металу утворюються корозійні пари, які можуть бути різними – від неявно виражених (мікропари) до розрізшихся в анодні та катодні зони на споруді (макропари).

Корозійні пари утворюються як гальванічні елементи – в результаті різниці потенціалів окремих ділянок металу, що знаходиться в електроліті. Звідси можна стверджувати, що причиною утворення корозійних пар є неоднорідності, які містяться як у самому металі, так і у зовнішньому середовищі. Ці неоднорідності являються причиною того, що окремі ділянки металу, які занурено в електроліт, здобувають різні потенціали. Утворюються анодні та катодні зони.

Найбільшу небезпеку для металевих підземних споруд (м.п.с.) представляє електрокорозія, при якій струми витоку значно більші, ніж при ґрунтовій корозії, що призводить до більш інтенсивного корозійного руйнування споруд.

Критерії корозійної небезпеки

Для забезпечення протикорозійного захисту підземних металевих споруд необхідно здійснювати катодну поляризацію постійним струмом, що протікає з ґрунту в споруду під дією

прикладеної різниці потенціалів «ґрунт – споруда». В цьому випадку споруда по відношенню до оточуючого її ґрунту являється катодом. В місцях доторкування металевий поверхні з ґрунтом струм втікає в споруду, тим самим захищаючи її від корозії. Причому, максимальний потенціал споруди по відношенню до ґрунту має бути не більше ніж $-0,87$ В (за мідно-сульфатним електродом порівняння), а мінімальний – не менше $-1,95$ В (з урахуванням омичної складової втрати напруги в шарі «ґрунт – споруда»). При зменшенні потенціалу «споруда – ґрунт» порушується зв'язок ізоляційного покриття з металом за рахунок відшарування ізоляції (порушення адгезії).

Електрокорозія (корозія стунами витоку)

В анодній зоні на м.п.с. блукаючі струми стікають в ґрунт (рис. 2) та викликають електрохімічні корозійні руйнування споруди.

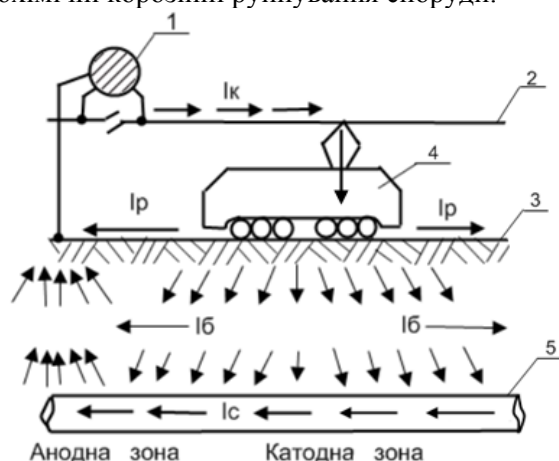


Рис. 2. Схема протікання тягових струмів та розміщення потенціальних зон на підземній металевій споруді: 1 – тягова підстанція; 2 – контактна підвіска; 3 – рейкова мережа; 4 – електрорухомий склад; 5 – металевий підземний споруда

Для усунення небезпечної дії блукаючих струмів необхідно виконати наступні заходи:

а) питомий перехідний опір від рейки до землі для одноколійної ділянки має складати не менше ніж $0,25$ Ом·км;

б) для зменшення витоку тягових струмів з локальних ділянок рейок (тунелі, депо, станційні колії) рекомендується застосовувати вентильне секціонування рейкових колій;

в) суміжні споруди та конструкції, які мають електричне з'єднання з рейками повинні бути ізольовані від землі;

г) для зменшення поздовжнього опору рейок необхідно застосовувати безстикові колії, а при наявності збірних неізольованих стиків їх опір не повинен перевищувати: при довжині рейок $12,5$ м – 3 м цілої рейки, при довжині рейки

25 м – 6 м цілої рейки;

д) необхідно застосовувати між колійні з'єднувачі;

е) в межах великих міст з розвинутою мережею м.п.с. рекомендується зменшувати відстань між тяговими підстанціями.

Протикорозійні захисти

Повністю позбутися блукаючих струмів в реальних умовах неможливо. В зв'язку з цим забезпечення протикорозійного захисту м.п.с. поряд з обмеженням струмів витоку на їх джерелах потрібно застосовувати пасивні та активні методи захисту.

Для пасивного захисту м.п.с. проводять наступні заходи:

а) вибір раціональної траси прокладки споруди;

б) нанесення підсиленого протикорозійного покриття;

в) прокладка м.п.с. в ізолюючій каналізації;

г) наявність у споруд, що захищаються, електричної ізоляції від споруд та конструкцій, які мають електричне з'єднання з рейковою мережею;

д) пристрої поздовжнього електричного секціонування м.п.с., яке виконується для трубопроводів ізолюючими фланцями, а для кабелів – ізолюючими муфтами;

е) заземлення м.п.с., що має якісне протикорозійне покриття.

Активний захист м.п.с. поділяється на електродренажний, катодний та протекторний. Основними різновидами електродренажу є поляризований, уніфікований та підсилений дренажі.

Опис електролітичної моделі

На стадії проектування та дослідження нових методів протикорозійного захисту підземних споруд можна використовувати фізичне моделювання. Для цієї мети було використано електролітичну модель, яка дозволила якісно та кількісно оцінити ефективність протикорозійного захисту підземних споруд. В лабораторії електромагнітної сумісності ДИИТу побудована електролітична модель. Вона представляє собою металеву ванну, заповнену електролітом, в яку занурені фізичні моделі тягової рейкової мережі та металевих підземних споруд. На цій моделі були проведені дослідження ефективності електродренажного захисту металевих підземних споруд.

Схема заміщення електролітичної моделі приведена на рис. 3.

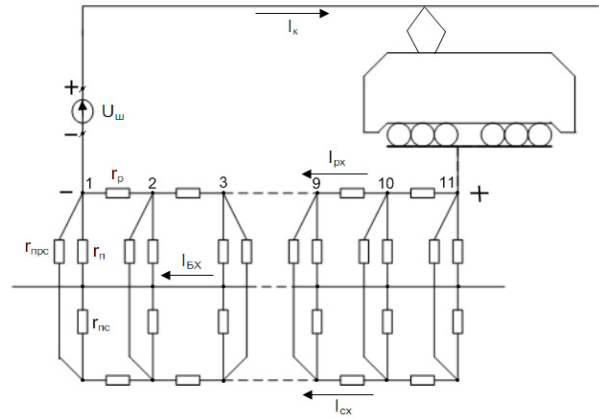


Рис. 3. Схема заміщення електролітичної моделі.

Результати вимірів

В результаті були отримані значення потенціалів рейки, виміряних по відношенню до «далекої землі» (рис. 4,а), та значення потенціалів споруди, виміряних по відношенню до сталевого електроду порівняння (СЕР) (рис. 4,б криві 2 та 5) та мідно-сульфатного (МСЕР) (рис. 4,б криві 3 та 6):

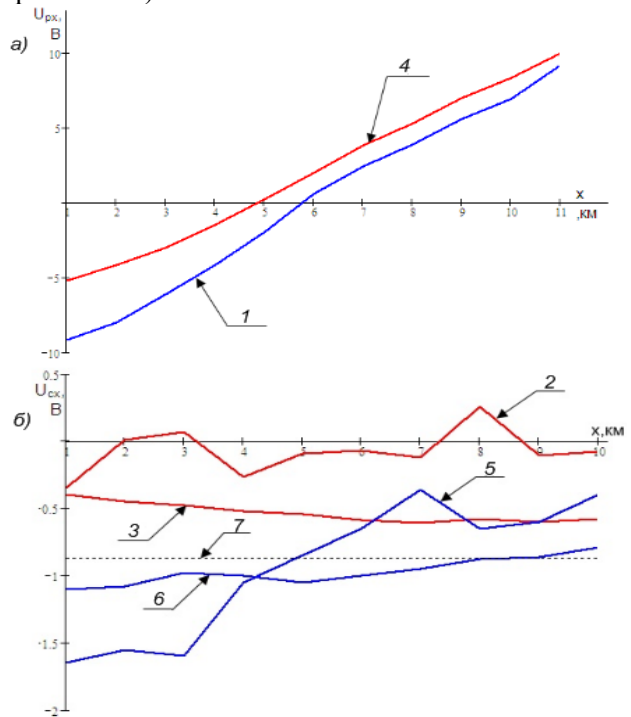


Рис. 4. Криві потенціалів рейки (а) та споруди (б) до (криві 1, 2, 3) і після (криві 4, 5, 6) ввімкнення електродренажу; 7 – максимальний потенціал споруди (-0,87 В)

Як бачимо, отримані криві за СЕР (рис. 4,б, криві 2 та 5) не відображають фізичного смислу протікаючих процесів. Причини цьому можна пояснити за допомогою рис. 5, який представлено нижче.

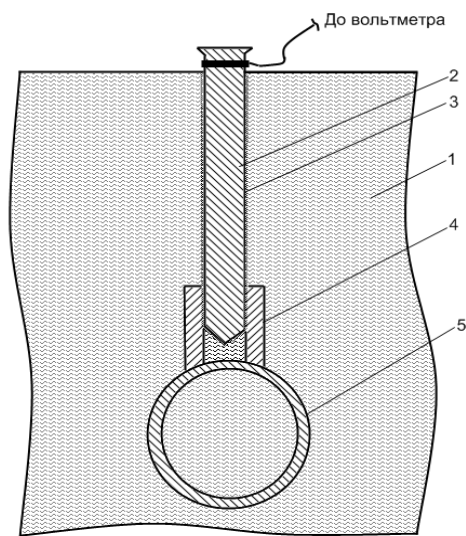


Рис. 5. Сталевий електрод порівняння:
1 – розчин електроліту; 2 – СЕП; 3 – шар ржі на поверхні СЕП; 4 – ізолююча трубка; 5 – споруда

З цього рисунка видно, що поверхня електроду покрита шаром ржі. Це вносить значну похибку в вимірювання. Також те, що сталевий електрод не має стаціонарного потенціалу, то на розділі електрод – електроліт можуть протікати різні процеси, які залежать від хімічного складу самого електроліту та інших факторів.

На основі приведених вище аргументів можна зробити висновок, що використання сталевих електродів порівняння дає невірні результати, що призводить до неможливості дослідження корозійних процесів.

Для отримання достовірних даних потрібно використовувати мідно-сульфатний електрод порівняння, що не поляризується (рис. 6).

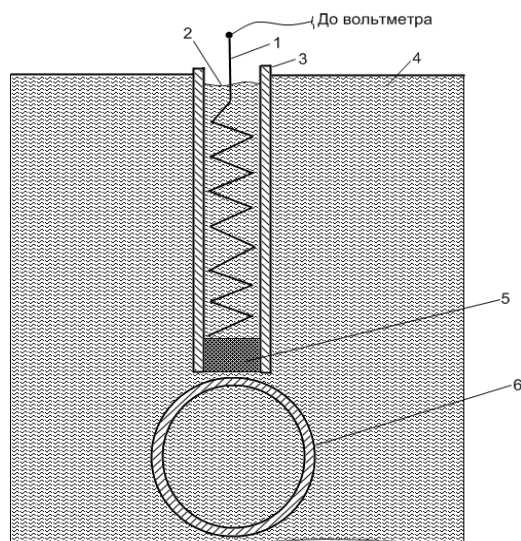


Рис. 6. Мідно-сульфатний електрод порівняння:
1 – мідний дріт; 2 – мідний купорос ($CuSO_4$); 3 – пластмасова трубка; 4 – розчин електроліту в ванні; 5 – пористий матеріал; 6 – споруда.

Перевагою цього типу електроду є те, що він має стаціонарний потенціал, величина якого відома і визначається різницею потенціалів на границі розділу мідний провідник – мідний купорос.

Схема вимірювання потенціалів споруди за допомогою мідно-сульфатного електроду порівняння приведена на рис. 7.

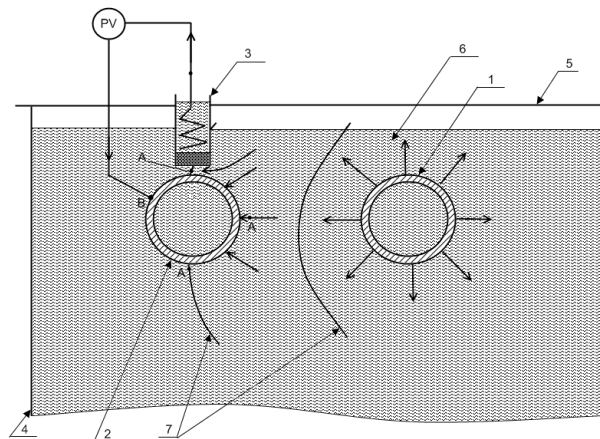


Рис. 7. Схема вимірювання потенціалу споруди:
1 – рейка; 2 – споруда; 3 – МСЕП; 4 – корпус ванни;
5 – верхня кришка ванни; 6 – розчин електроліту;
7 – еквіпотенціальні лінії

Стікаючи з рейки струми створюють різницю потенціалів в електроліті. Струм протікає по ланцюгам: рейка – розчин електроліту – (точка А) – споруда (точка В); рейка – розчин електроліту – (точка А) – мідний купорос – мідний провідник – вольтметр – споруда (точка В). Схема заміщення цього ланцюга представлена на рис. 8.

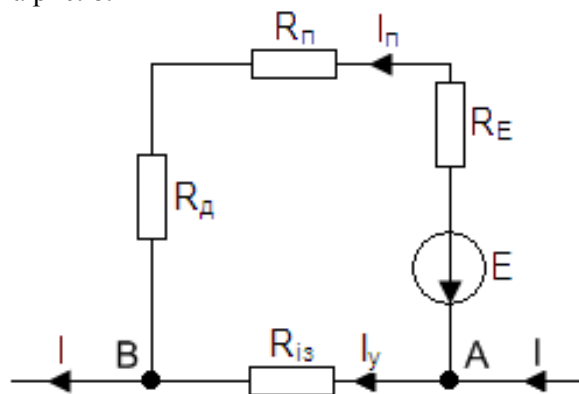


Рис. 8. Схема заміщення ланцюга протікання струму: R_d – опір дренажних з'єднань; R_{is} – опір ізоляції з дефектами з урахуванням поляризаційної складової; R_n – внутрішній опір вимірювального приладу; R_E – опір розтіканню мідно-сульфатного електроду порівняння; E – Е.Р.С. мідно-сульфатного електроду порівняння ($E = -0,55B$); I_y – струм витoku; I_n – струм, що протікає через вимірювальний прилад

З рис. 7 видно, що електрод порівняння знаходиться на еквіпотенціальній лінії, тобто по-

тенціал буде вимірюватися безпосередньо між спорудою та прилягаючим електролітом.

Виходячи з вище приведених міркувань, мідно-сульфатний електрод порівняння було розміщено над спорудою (рис. 7). В результаті вимірювань, були отримані наступні криві потенціалів споруди, які показані на рис. 4,б криві 3 та 6.

Висновок

Аналізуючи приведені вище криві (рис. 4,б криві 3 та 6) можна сказати, що вони цілком відображають фізичні процеси, які протікають на підземній металевій споруді.

Проведені дослідження ефективності електродренажного захисту підземної металевої споруди в лабораторних умовах показали адекватність моделі реальним умовам гальванічного впливу тягової мережі постійного струму на суміжні споруди.

Використання мідно-сульфатних електродів порівняння, що не поляризуються, дозволить

студентам набути навичок вимірювання потенціалів підземних металевих споруд.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Система газопостачання. Газопроводи підземні сталеві. Загальні вимоги до захисту від корозії: ДСТУ Б В.2.5-29:2006. – [Чинний від 2006-12-22]. – К. Мінбуд України, 2006.-120с.-(Національні стандарти України).

2. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии [Текст]/ И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002, - 336с.

Ключові слова: протикорозійний захист, підземні споруди, електролітична модель.

Ключевые слова: противокоррозионная защита, подземные сооружения, электролитическая модель.

Keywords: anticorrosive protection, underground installations, electrolytic model.