

Ю.П. Костюк¹, А.Д. Тертишник², С.В. Нестеренко³

¹ТОВ «Прайм Енерджі Груп», Україна

²ТОВ «Елмет», Україна

³Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В РЕАЛІЗАЦІЇ КАТОДНОГО ЗАХИСТУ ТРУБОПРОВІДІВ ТА РЕЗЕРВУАРІВ

Розглянуто дані про впровадження нових енергозберігаючих технологій катодного захисту – монтажу магнетитових заземлювачів, використання нових активаторів на основі коксового дріб'язку, імпульсного перетворювача автоматичного управління об'єктів катодного захисту. Практичні результати показують, що використання магнетитових анодів дозволяє підтримувати більшу допустиму щільність струму, тому підходить для широкого застосування в різних ґрунтах і морській воді. Швидкість розчинення магнетиту – 0,02 кг / (А • рік). Використання активованого коксового дріб'язку значно зменшує перехідний опір анодного заземлення. Застосування станцій типу ППАУ з технологіями телеметрії дозволяє знизити трудовитрати на їх обслуговування відповідно до п. Р.6.1 ДСТУ Б В.2.5-29: 2006 Система газопостачання. Газопроводи Підземні сталеві і п. 8.9 ДСТУ 4219: 2003 Трубопроводи сталеві магістральні, що дозволить задіяти вивільнилися персонал на інших ділянках.

Ключові слова: катодний захист, анодні заземлювачі, магнетит, коксовий дріб'язок, імпульсний перетворювач автоматичного управління.

Постановка проблеми

Широке застосування електрохімічного захисту трубопроводів і свердловин стало можливим завдяки розробці і освоєнню спеціального обладнання – мережних катодних станцій, протекторів, електродренажних установок, анодних заземлювачів, а також засобів механічних трудомістких робіт на трасах трубопроводів. Економічна ефективність катодного захисту трубопроводів в значній мірі визначається надійною і довговічною роботою анодного заземлення.

В даній роботі наводяться дані розроблених енергоефективних технологій фірми ТОВ «Елмет» по реалізації катодного захисту (проектування, будівництво, пусконаладжувальні роботи та обслуговування засобів ЕХЗ (електрохімзахисту)).

Відомо, що при струмі захисту 25А і при довжині електролінії 0,8–1 км капітальні витрати на спорудження анодного заземлення становлять 30–35% вартості катодного захисту (при питомому електроопору ґрунту до 30 Ом м) і при 47–70% (при питомому електроопору ґрунту до 50–60 Ом м.). При цих же умовах витрати на експлуатацію анодних заземлень складають 50–60% від вартості експлуатації катодного захисту. Опір розтікання струму анодного заземлення становить 50–70% загального опору електричного кола установки катодного захисту (УКЗ) [1, 2], що значною мірою визначає витрату електроенергії.

З наведених даних можна зробити висновок, що створення надійних і довговічних заземлювачів дуже актуальне завдання електрохімічного захисту. Це завдання може бути вирішене підбором існуючих і розроблюваних нових корозійностійких матеріалів, довговічних конструкцій заземлювачів та заземлюючих контурів, що забезпечують енергозберігаючу роботу УКЗ з максимальними міжремонтними періодами.

Виклад основного матеріалу дослідження

Основними вимогами, що пред'являються до анодів катодного захисту є [3, 4]:

- висока корозійна стійкість в умовах накладеного анодного струму;
- стабільність роботи протягом терміну експлуатації;
- низька вартість;
- можливість виготовлення анода найбільш простим технологічним способом;
- якомога менший питомий електричний опір матеріалу анода;
- простота монтажу.

У конкретних умовах застосування катодного захисту до матеріалу анода і його конструкції можуть застосовуватися і інші додаткові вимоги.

Слід зазначити, що ідеального анода, що задовольняє всім зазначеним вимогам, підібрати не вдається.

В умовах щільної забудови в містах анодний заземлювач часто неможливо розмістити по горизонталі. Існує ймовірність його негативного впливу на навколишні об'єкти. У зв'язку з цим американські вчені висунули пропозицію можливості установки заземлюючих пристроїв на великій глибині в вертикальному положенні. Перше втілення ідеї побачило світ в США. Анодний заземлювач був встановлений на глибину 90 метрів. Надалі на практиці було доведено, що глибинні заземлювачі підходять не тільки для міст, а й для використання на ділянках, де верхні шари ґрунту відрізняються підвищеним питомим опором. Віддаляючись від поверхні, опір має зменшуватися. Непридатна технологія глибинного

заземлення тільки для скельних порід та на заболоченій місцевості.

Катодний захист об'єктів, виготовлених з металу, здійснюється не тільки глибинними, але і поверхневими заземлювальними пристроями. Поверхневий анодний заземлювач знаходиться на одному рівні з захищається конструкцією. Такі заземлювачі характерні компактністю і обмеженим радіусом дії. Заземлення складаються з системи елементів – стрижнів. Магнетитовий стрижень з круглим відливанням з за ізольованими ділянками з'єднання контактного провідника з заземлювачем представлено на рис. 1.

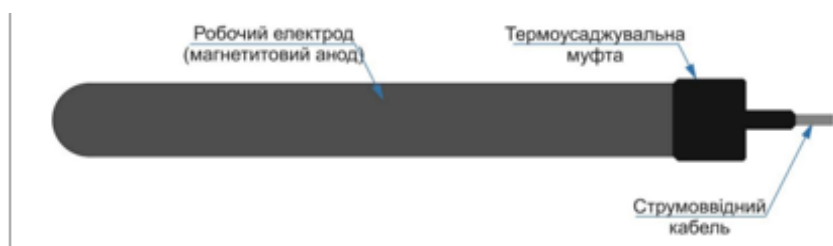


Рис. 1. Зовнішній вигляд магнетитового заземлення (АЗМТ)

Стрижні з'єднують з магістраллю за допомогою термітного зварювального процесу або особливими зажимами. Термін служби поверхневого заземлювача досягає 35 років, якщо його корпус присипаний сумішшю коксу та інших мінеральних речовин. Така суміш уповільнює процеси розпаду анода в ґрунті.

Глибинні заземлювачі використовуються з тією ж метою, що і поверхневі. Однак монтаж і конструкція глибинних систем істотно відрізняються. Глибинні аноди коштують значно дорожче, а тому їх використання виправдане тільки в разі неможливості монтажу поверхневої системи. Глибинні системи відрізняються великою масою через важливий елемент – коксо-мінеральну суміш, що використовується при монтажі анодного заземлювача. Глибина заземлення досягає 40 і більше метрів [5]. Це ще одна причина дорожчечі монтажних робіт: необхідно механізоване буріння за допомогою бурових установок (рис. 2).

При проектуванні і монтажі глибинного анодного заземлювача слід дотримуватися кількох правил:

- всі електроди в гірлянді повинні розташовуватися нижче за рівень промерзання ґрунту. Особливо важливо дотримуватися цієї умови для багаторічно мерзлих ґрунтів;

- якщо сила струму катодного станції більше 25 А, необхідно оснастити гірлянду перфорованою трубою для відведення газів, що виділяються при експлуатації обладнання. Газова оболонка, що утворюється навколо анода, підвищує опір середовища і зменшує радіус дії УЗК;

- електроди прослужать довше, якщо свердловину заповнені не ґрунтом, а коксовою крихтою.

Установка катодного захисту з глибинним анодним обладнанням дозволяє значно продовжити термін експлуатації трубопроводів, проммайданчиків і інших важливих об'єктів.

Види матеріалів для анодних заземлювачів:

Вуглецева сталь

Сплави на основі заліза відносяться до розчинних матеріалів для анодних заземлень. Анодне розчинення заліза проходить на швидкості близько 10 кг / (А • рік). Така висока швидкість розчинення анодів – істотний мінус, який не дозволяє широко використовувати сплави на основі заліза для системи катодного захисту. Крім того, розчинні матеріали мають чимало інших негативних факторів. Наприклад, при застосуванні подібних АЗ ґрунті води сильно забруднюються іонами заліза. А через не електропровідність продуктів розчинення такі аноди швидко виходять з ладу.

Графіт

Графіт відноситься до малорозчинних матеріалів. Анодні заземлювачі з графіту мають більш тривалий термін служби. Однак серед інших малорозчинних матеріалів (графіт містких, ферросиліда і магнетиту) графіт має найбільшу швидкість анодного розчинення – до 1 кг / (А • рік). Графітові аноди використовуються в електрохімічній промисловості з давніх-давен і знайшли застосування в системах катодного захисту. Графіт – стабільна модифікація вуглецю, під дією електрохімічного процесу він перетворюється на двоокис вуглецю. У тому

випадку, якщо весь накладений на графітовий анод струм при катодному захисті, такий анод почне руйнуватися зі швидкістю $1 \text{ кг} / (\text{А} \cdot \text{рік})$ і буде утворюватися вуглекислий газ. Одна з причин, чому графіт руйнується, полягає у виділенні кисню на його поверхні. Але при високій концентрації хлору в ґрунтових електролітах процес руйнування графіту під впливом кисню сповільнюється, оскільки хлор виділяється набагато швидше кисню. Тому графітові АЗ демонструють хороші показники в морській воді і інших середовищах, що містять хлор. Матеріали, що містять графіт, також мають ряд недоліків:

- високий повздовжній опір графіту;
- відсутність стійкості до вологості ґрунту;
- схильність так званого холодного горіння;
- невисока робоча щільність струму.

Полімери

Щоб отримати композицію полімерного електрода, проводять затвердження каучукового в'язучого, а також вводять в суміш пластифікатор і наповнювач, що містить вуглець. Полімерні аноди привабливі з точки зору вартості, але мають ряд істотних недоліків. Головний мінус такої композиції в тому, що електроди на основі подібних полімерів характеризуються високим електричним опором і низькими показниками максимально допустимого анодного струму. При підвищенні анодного струму електрод розігрівається і на межі поділу фаз струмовідвід–полімерна електропровідна композиція утворюється оксидна плівка з високим опором. В результаті робота заземлювача при високій щільності струму повністю блокується. Контактний вузол електрода на основі полімерів через особливості технології виробництва неможливо виконати при екструзії. Вузол встановлюють в електрод, коли останній вже готовий. Звідси і недоліки:

- невисока механічна надійність;
- збільшене перехідний опір контактного вузла.

Через такі недоліки заземлювач швидко виходить з ладу. До того ж в процесі розчинення полімерний анод чинить негативний вплив на екологію: графіт виробляється, а в ґрунті залишається чистий пластик, який не руйнується століттями.

Феросилід

Феросилід – сплав заліза з кремнієм. Для анодів його використовують при звичайних щільності струму з малими втратами металу. Втрати феросиліда варіюються в діапазоні $0,08\text{--}0,5 \text{ кг} / (\text{А} \cdot \text{рік})$. Стійкість цього сплаву проти електрохімічного руйнування пояснюється тим, що на його поверхні утворюється плівка діоксиду кремнію. Плівка утворюється в результаті з'єднання іонів кремнію з киснем. Згодом вона покриває всю поверхню АЗ і не дає іонам заліза вийти з кристалічної ґратки і за рахунок чого проходить гальмування швидкості

розчинення анода. Оскільки процеси, що протікають на анодному заземленні, здійснюються за участю електронів, швидкість їх протікання залежить від величини струму. Залізо-кремнієві анодні заземлювачі в умовах переважного виділення кисню на аноді працюють краще, ніж графітові. Застосування феросиліда в різних ґрунтах продемонструвало його високу ефективність як матеріалу виготовлення точкових заземлювачів: як поверхневих, так і глибинних.

Магнетит

Магнетит – перспективний матеріал для виготовлення анодних заземлювачів. Являє собою сплав на основі оксидів заліза. Магнетитові вироби виробляють шляхом виливання при високій температурі з використанням спеціальних добавок. Анодне розчинення магнетиту проходить за таким же принципом, як у феросиліда, але є кілька відмінностей. Магнетит має більшу допустиму щільність струму, тому підходить для широкого застосування в різних ґрунтах і морській воді. Але у нього як у матеріалу для анодних заземлювачів є істотні недоліки: складний технологічний процес і висока вартість кінцевих виробів.

Сталь по своїй довговічності є найгіршим із застосовуваних матеріалів. Однак до сих пір використовується як основний матеріал для створення анодних заземлювачів. Проблема застосування сталевих електродів ускладнюються ще й тим, що через 1–2 роки сталевий заземлювач може припинити свою роботу, далеко ще не розчинившись повністю. Особливо це стосується вертикальних електродів з труб. Якщо труба при її установці щільно вбивається в пробурену свердловину, то тверді продукти корозії, безперервно утворюються в процесі розчинення, поступово ущільнюючи, створюють шар високого електричного опору, який викликає повільне, але неухильне зменшення робочого струму електрода до повного його припинення. Ера сталевих анодних заземлювачів все ж закінчується, тим більше що існує ряд альтернативних матеріалів.

Графітові електроди свого часу були названі «нерозчинними», але пізніше втратили свій пріоритет, проте все ще широко застосовуються. Графіт має електронну провідність з питомим електричним опором $(2 \dots 5) \cdot 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, густиною $1600 \dots 2100 \text{ кг} / \text{м}^3$. Швидкість розчинення графіту слабо залежить від щільності анодного струму. Основним недоліком графітових електродів є крихкість.

Магнетит, формула якого Fe_3O_4 , можна віднести до окислів заліза, тобто до іржі – кінцевого продукту корозії. Магнетит не діелектрик, має електронну провідність і може використовуватися в електричних ланцюгах. Магнетит зустрічається в природі як

залізна руда. Вироби з магнетиту відливають при високій температурі зі спеціальними добавками.

Витрата матеріалу під струмовим навантаженням надзвичайно малий і становить 0,02 кг / (А * рік), тобто в 1000 разів менше, ніж у графіту і в 10000 разів менше, ніж у заліза. Робоча щільність струму – 90 ...500 А / м². Цікавий цей матеріал виключно через високу корозійну і анодну стійкість, порівнянної з стійкістю благородних матеріалів, що забезпечує стабільне опір розтікання струму і тривалий термін служби.

Дуже низька швидкість розчинення дозволяє виготовляти досить легкі і компактні конструкції АЗ. Аноди не мають обмежень по напрузі при експлуатації, що передбачає найбільш широке використання в будь-яких ґрунтах, а також морській воді.

Монтаж магнетитових анодів

Завдяки можливості ручного монтажу таких легких анодів експлуатуючі організації отримують можливість економити кошти на підрядних роботах.

Магнетитові анодні заземлювачі можуть використовуватися в якості поверхневих і глибинних заземлень. При спорудженні глибинних заземлень магнетитові аноди можуть встановлюватися як в звичайних закритих, так і у відкритих свердловинах. При монтажі в закритій свердловині необхідно здійснювати засипку анодного простору коксо-мінеральним активатором КМА. Спорудження відкритих свердловин переважно в ґрунтах із статичним рівнем ґрунтових вод і легко дозволяє проводити ремонт і заміну магнетитових заземлювачів в процесі експлуатації.

Магнетитові аноди також успішно використовуються для ремонту відпрацювали свій термін свердловин ГАЗ (глибинних заземлювачів з металевих труб). Для виконання даного виду робіт розроб-

лено типовий проект, що дозволяє з мінімальними витратами і без застосування дорогих бурових робіт відновити працездатність глибинного анодного заземлення.

Широке застосування магнетитових заземлювачів раніше було обмежене через високу собівартість, та й випускалися вони тільки на одному заводі в Швеції. Технологія виробництва таких анодів досить унікальна і потрібна ексклюзивне обладнання.

ТОВ «Елмет» працює на території України та ринках СНД з 1998 року. Основними об'єктами виконання робіт були об'єкти підвищеної небезпеки. Основними напрямками діяльності ТОВ «Елмет» є:

- виробництво засобів електрохімічного захисту;
- будівництво і капітальний ремонт нафтогазопроводів, аміакопроводів і водопроводів, в тому числі з поліетилену;
- проектування, будівництво, пусканалагоджувальні роботи та обслуговування засобів ЕХЗ (електрохімічного захисту), а також систем газопостачання та опалення;
- проведення діагностики та обстеження стану об'єктів підвищеної небезпеки: нафтобаз, газонаповнювальних станцій (ГНС для зберігання скрапленого газу), АГПЗ, АЗС, на предмет протикорозійного стану ємностей для зберігання нафтопродуктів;
- технічне обслуговування установок ЕХЗ (електрохімічного захисту), відповідно до правил НПАОП 0.00-1.76-15;
- оцінка ефективності роботи системи ЕХЗ, оптимізація режимів роботи засобів і, внаслідок цього, збільшення економічного ефекту від роботи системи в цілому.

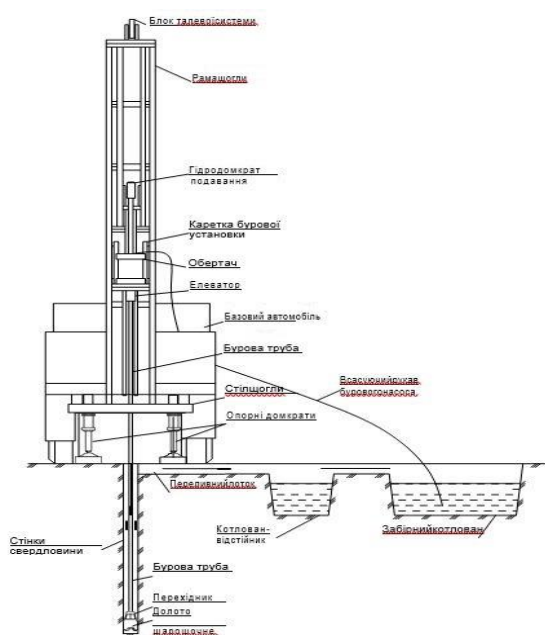


Рис. 2. Бурильна установка для монтажу магнетитових заземлювачів

ТОВ «Елмет» проводить дослідні роботи по заміні активатора катодного захисту коксового дріб'язка (ТУ У 322-00190443-2011) на коксо-мінеральний активатор анодів електрохімічного захисту з метою зниження перехідного опору анод – ґрунт, дренажу при анодного простору від газів, що утворюються в процесі електрохімічних реакцій ґрунтового електроліту.

Коксо-мінеральний активатор анодів електрохімічного захисту від корозії містить в якості основи суміш коксового дріб'язку та сольовий реагент. Технічним результатом дії коксо-мінерального активатора є значне зниження перехідного опору за рахунок підвищення електропровідності заповнювача при анодного простору, збільшення геометричних розмірів струм відвідного об'єкта і стабілізації перехідного опору анод – ґрунт. Активатор анодів, що містить коксову дрібниця фракції 2,0–15,0 мм має високий опір, різке зниження дренажної здатності внаслідок подрібнення фракції в процесі експлуатації.

Інверторний перетворювач

Тиристорні випрямлячі, що працюють на частоті 50 Гц, мають масивні й громіздкі понижуючі трансформатори й вихідні дроселі, що, природно, є їхнім істотним недоліком у виробництві та експлуатації. Інші недоліки, які не компенсують простоти схеми й конструкції цих пристроїв (низький ККД, високий рівень пульсацій вихідної напруги, критичність до коливань напруги мережі живлення, й нарешті, несумісність із сучасними засобами телеметричного керування) дають всі підстави вважати такі виробни морально застарілим обладнанням, що вимагає докорінної модернізації.

ТОВ «Елмет» розроблено інтегральний спосіб оцінки захищеності підземних сталевих газопроводів (надалі газопроводів) від корозії, який за рахунок нових вимірювальних операцій і спрощених розрахункових формул здійснює комплексну оцінку захищеності підземного сталевого трубопроводу по поляризаційному потенціалу як в природних умовах (за відсутності накладених струмів), так і за наявності поляризуючого струму від зовнішнього джерела з урахуванням опору довколишнього ґрунту, що дозволить достовірніше судити про надійність роботи катодного захисту підземних сталевих газопроводів ШПАУ (далі перетворювач) призначений для перетворення змінного струму в постійний струм з можливістю автоматичних регулювань за кількома параметрами. Основою перетворювачів є високо-частотний транзисторний інвертор.

Перетворювач призначений для захисту від корозії підземних металевих споруд різного призначення: одиночних і багатониткових газо-, нафто-, водо-, і інших трубопроводів, і нафто - газо сховищ,

металевих оболонок телефонних і електрокабелів, тепломереж та інших підземних комунікацій.

Перетворювач виготовляється в кліматичному виконанні У категорії 1 по ГОСТ 15150-69 для експлуатації на відкритому повітрі. Робоча температура повітря при експлуатації від - 40 ° С до + 70 ° С. Також монтаж перетворювача може здійснюватися в закритих приміщеннях.

Ступінь захисту перетворювача - IP34 по ГОСТ 14254-80.

Випускається лінійка перетворювачів ШПАУ наступних потужностей: 1000 Вт, 1500 Вт, 2400 Вт, 3000 Вт. Застосування в якості основних силових блоків сертифікованих імпульсних перетворювачів фірми MEANWEL дозволило добитися високого ККД, низького коефіцієнта пульсацій, високої стабільності вихідних параметрів і надійності.

Вироблене встаткування відповідає ТУ У 31.1-37575699-001: 2011 і за своїми технічними параметрами задовольняє вимогам, ДСТУ 4219-2003, ДСТУ Б В.2.5-29: 2006.

Управління роботою перетворювача здійснюється як автономно, з передньої панелі блоку управління (рис. 3), так і дистанційно, з персонального комп'ютера пульта диспетчера (ПД).

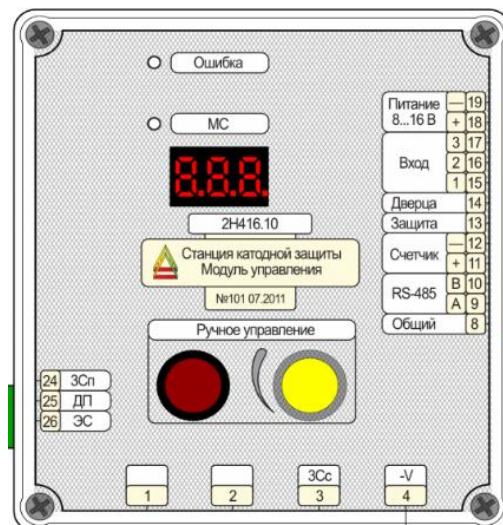


Рис. 3. Передня панель блоку управління

Режими роботи.

1. Робота в режимі автоматичної стабілізації сумарного або поляризаційного потенціалу захищається споруди.
2. Робота в режимі автоматичної стабілізації вихідного струму.
3. Робота в режимі автоматичної стабілізації вихідного напруження.

У разі відмови електрода порівняння або при обриві ланцюга перетворювач автоматично переходить з режиму стабілізації потенціалу в режим стабілізації вихідного струму.

При ручному управлінні установка режимів роботи проводиться з передньої панелі модуля управління (МУ), а вимірювані значення електричних параметрів відображаються на вбудованому цифровому індикаторі. При закритих дверях індикація відключається.

Є можливість установки і підключення акумуляторної батареї 12В, використовуваної для резервного живлення системи телеметрії при відсутності живлення від електромережі.

Дистанційне керування і передача даних телеметрії здійснюється через інтерфейс RS-485 модуля управління в стандарті «MODBUS» по лінії передачі або через телекомунікаційний блок, який працює в цьому ж стандарті.

Зокрема, за бажанням замовника, перетворювач може бути укомплектований охоронно-телекомунікаційним блоком 2Н500.

Охоронно-телекомунікаційний блок 2Н500, крім передачі команд управління та даних телеметрії по каналу GSM-900 \ 1800 в режимі CSD, має 8 логічних входів для підключення датчиків відкриття \ втручання і \ або датчиків руху і передає заздалегідь записані SMS повідомлення при їх спрацьовуванні.

Управління та контроль роботи перетворювача в дистанційному режимі здійснюється з персонального комп'ютера диспетчерського пульта за програмою «Термінал» (рис. 4).

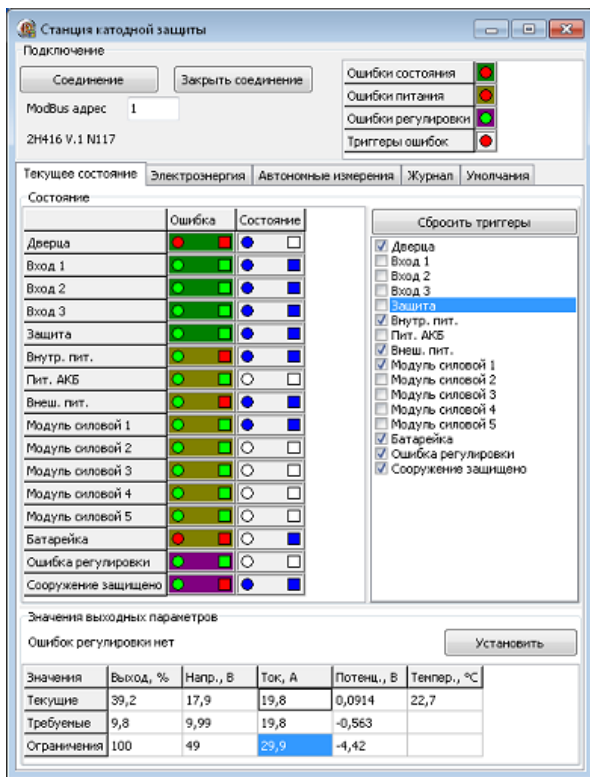


Рис. 4. Экран персонального комп'ютера диспетчерського пульта (програма «Термінал»)

На вкладці «Поточний стан» (рис. 5, 6) відображається наявність помилок контрольованих станів, а також значення вихідних параметрів в даний час, а також запрограмовані необхідні значення і їх граничні обмеження. На вкладці «Електроенергія» відображаються актуальні дані по енергоспоживанню (якщо для обліку використовується лічильник типу СО-ЕА05М2 або його аналог і задіяні рахункові імпульси), а також час напруження. Вкладка "Автономні вимірювання" дозволяє зберегти і переглянути зміну напруги, струму і потенціалу в часі. Кнопка "Почати запис" включає три каналний внутрішній реєстратор ємністю 256 записів в одному з трьох режимів. Отримані результати можна зберегти у вигляді таблиці або графічного файлу.

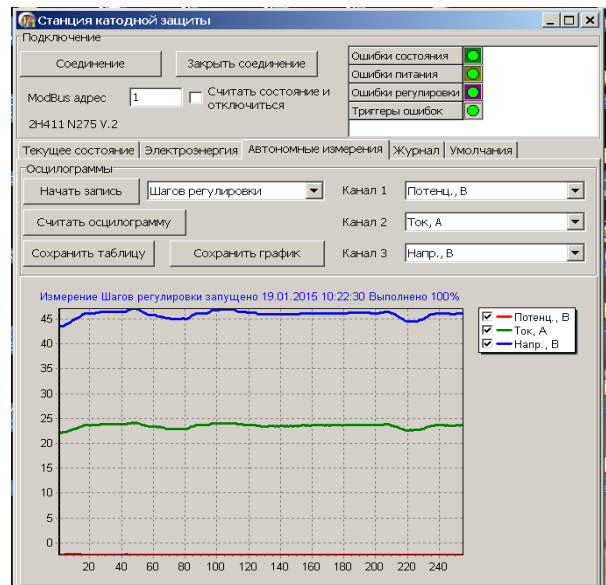


Рис. 5. Экран персонального комп'ютера (вкладка «Електроенергія»)

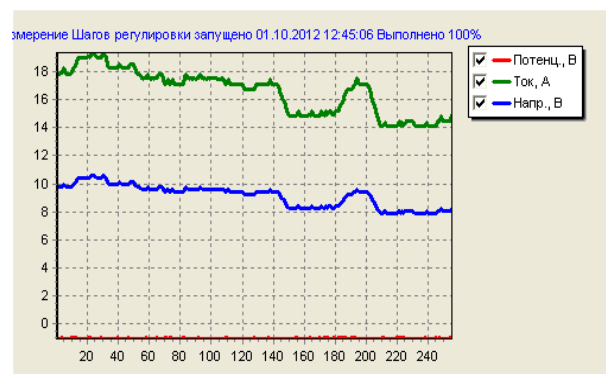


Рис. 6. Экран персонального комп'ютера диспетчерського пульта за програмою «Термінал» (Вкладка "Автономні вимірювання")

Особливо слід відзначити, що станції ШАУ є одними з небагатьох, що випускаються в Україні та зарубіжжі, що забезпечують необхідний коефіцієнт

пульсацій вихідної напруги відповідно до вимог ДСТУ 4219: 2003 п. 7.4.2 Трубопроводи сталеві магістральні, ДСТУ Б В.2.5-29: 2006 п. Р.2.2 Система газопостачання. Газопроводи Підземні сталеві.

Застосування станцій типу ППАУ з технологіями телеметрії дозволяє знизити трудовитрати на їх обслуговування відповідно до п. Р.6.1 ДСТУ Б В.2.5-29: 2006 Система газопостачання. Газопроводи Підземні сталеві і п. 8.9 ДСТУ 4219: 2003 Трубопроводи сталеві магістральні, що дозволить автоматизувати контроль за роботою ЕХЗ і зменшити затрати.

В даний час ведуться роботи по розробці програмного забезпечення, яке дозволить більш ефективно контролювати, управляти і протоколювати (архівувати дані).

Висновки

1. Проектуючи системи електрозахисту, потрібно враховувати всі плюси і мінуси матеріалів заземлювачів. Лише правильне розуміння протікаючих на АЗ процесів дозволяє проектувальникам ЕХЗ грамотно підібрати анодний заземлювач відповідно до властивостей матеріалу і середовища, в якій він буде працювати надалі, а також дати правильний прогноз з приводу періоду експлуатації.

2. Практично доведено, що при використанні коксо-мінерального активатора значно знижується перехідний опір за рахунок підвищення електропровідності заповнювача при анодного простору, збільшуються геометричні розміри і струм відвідного об'єкта та стабілізується перехідний опір анод – ґрунт.

3. ТОВ «Елмет» розроблено імпульсний перетворювач автоматичного управління ППАУ призначений для перетворення змінного струму на випрямлений постійний струм з можливістю автоматичних регулювань за кількома параметрами. Основою перетворювачів є високочастотний транзисторний інвертор, розроблений на базі новітніх досягнень силової електроніки.

Література

1. Жук Н.П. Коррозия и защита металлов. Расчеты. Машигиз, 1957.
2. Крижанівський Є.І., Гончарук М.А., Разумний Ю.Т., Рибич І.Й., Фик І.М. Энергетична безпека держави:

високоєфективні технології видобування, постачання і використання природного газу. К.: «Інтерпрес ЛТД», 2006. Бібліогр. 291 с.

3. Дизенко Е.И., Новоселов В.Ф., Тугунов П.И., Юфин В.А. Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров. – М.: «Недра», 1978.

4. Инструкция по проектированию и расчету ЭХЗ МГ и промышленных объектов. – М.: ВНИИСТ, 1980.

5. Бабин Л.А., Быков Л.И., Волков В.Я. Типовые расчеты по сооружению трубопроводов. – М.: «Недра», 1979.

6. Бэкман В. Катодная защита. Справочник под ред. И.В. Стрижевского. – М.: Металлургия, 1992, 176 с.

References

1. Zhuk N.P. Corrosion and protection of metals. Calculations. Mashgiz, 1957.

2. Krizhanivskiy Y.I., Goncharuk M.A., Razumnyy Yu.T., Ribchich I.Y., Fick I.M. Energy security of the state: highly efficient technologies for the production of natural gas. K.: "Interpress LTD", 2006, 291 s.

3. Dizenko E.I., Novoselov V.F., Tugunov P.I., Yufin V.A. Corrosion protection of pipelines and reservoirs. – М.: "Nedra", 1978.

4. Instructions for the design and calculation of EKhZ MG and field objects. – М.: VNIIST, 1980.

5. Babin L.A., Bykov L.I., Volkov V.Ya. Typical calculations for the construction of pipelines. – М.: "Nedra", 1979.

6. Backman V. Cathodic protection. Handbook ed. I.V. Strizhevsky, М.: Metallurgy, 1992, 176 p.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Ф. Харченко, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: КОСТЮК Юрій Петрович
директор ТОВ «Прайм Енерджі Груп»
E-mail – ykostyuk151@gmail.com

Автор: ТЕРТИШНИК Анатолій Дмитрович
директор ТОВ «ЕЛМЕТ»
E-mail – elmet@ukr.net

Автор: НЕСТЕРЕНКО Сергій Вікторович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – nester.hnamg@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2089-6786>

ENERGY SAVING TECHNOLOGIES IN THE IMPLEMENTATION OF CATHODIC PROTECTION OF PIPELINES AND TANKS

Yu. Kostyuk¹, A. Tertishnik², S. Nesterenko³

¹LLC "Prime Energy Group"

²LLC "Elmet"

³O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The data on the introduction of new energy-saving technologies of cathodic protection – the installation of magnetite ground electrodes, the use of new activators based on coke breeze, a pulse converter for automatic control

of cathodic protection objects are considered. Practical results show that the use of magnetite anodes allows maintaining a high permissible current density, therefore, it is suitable for widespread use in various soils and seawater. The rate of dissolution of magnetite is 0.02 kg / (A • year). Magnetite anodes are also successfully used for the repair of GAZ wells (deep earthing conductors made of metal pipes). To perform this type of work, a typical project has been developed, which allows restoring the operability of deep anode grounding with minimal costs and without the use of expensive drilling operations. The use of activated coke breeze significantly reduces the transition resistance of the anode grounding. It has been practically proven that when using a coke-mineral activator, the transition resistance is significantly reduced due to an increase in the electrical conductivity of the filler at the anode space, the geometric dimensions and current of the diverting object increase, and the transition resistance of the anode - ground is stabilized.

LLC "Elmet" has developed a pulse converter of automatic control IPAU designed to convert alternating current into rectified direct current with the possibility of automatic adjustments in several parameters. The basis of the converters is a high-frequency transistor inverter, developed on the basis of the latest achievements in power electronics. The use of stations of the IPAU type with telemetry allows to reduce labor costs for their maintenance in accordance with clause R.6.1 DSTU B V.2.5-29: 2006 Gas supply system. Underground steel gas pipelines and p. 8.9 of DSTU 4219: 2003 Steel main pipelines, which will make it possible to use the freed up personnel in other areas.

Keywords: *cathodic protection, anode grounding, magnetite, coke breeze, pulse converter automatic control.*