

УДК 620.193

СКЛАДОВІ СИСТЕМИ КОРОЗІЙНОГО МОНІТОРИНГУ НА ОСНОВІ МЕТОДУ HIGH-RESOLUTION ER

Архипов О.Г., Ушакова А.В., Довгалов Л.Ю., Ушакова О.Ю.

STRUCTURE OF THE CORROSION MONITORING SYSTEM BASED ON HIGH-RESOLUTION ER METHOD

Arkhipov O.G., Ushakova A.V., Dovgalov L.Y., Ushakova O.Y.

Розглянуто структуру сучасної корозіометричної системи на основі методу HIGH-RESOLUTION ER. Наведено приклад конструкції датчика занурювального типу, розробленого для цієї системи, і організацію процесу вимірювання швидкості корозії без спеціального датчика. Роль еталона в цьому разі виконує підготовлена за спеціальною технологією частина стінки обладнання. Система дозволяє не лише вимірювати швидкість корозії, але і визначати залишковий ресурс. Обробка інформації здійснюється системою SCADA Trace Mode. Система гнучка і дозволяє легко вписуватись в діюче обладнання.

Ключові слова: корозіометрична система, датчик, швидкість корозії, еталон, ділянка обладнання

Безпечна експлуатація технологічного обладнання забезпечується різними методами: підвищенням механічної міцності і стійкості, корозійної тривкості, системою захисту від аварійних ситуацій тощо. В хімічній промисловості обладнання проектується згідно умов нормативних документів і на момент початку експлуатації мусить відповідати чинним вимогам. Часто реальні умови експлуатації відрізняються від розрахункових. Найбільш критичні відмінності обумовлені позаплановими зупинками, інтенсифікацією виробничих процесів, змінами, що вносяться в технологічний процес з метою покращення якості кінцевої продукції. Як результат маємо непередбачувані деградаційні зміни структури металів і сплавів та корозійно-механічні пошкодження, часто значно більші за прогнозовані. Для запобігання цьому необхідно використовувати різні методи діагностики та контролю технічного стану устаткування. У випадках, коли робочими середовищами є електроліти, для цього широко використовуються електрохімічні методи. До них відносяться методи електрохімічного шуму, зміннострумового імпедансу, лінійного поляризаційного опору, контролю потенціалу корозії [1, 2]. Перспективним в

майбутньому виглядає використання імпульсного методу [3, 4].

За допомогою цих методів ведеться оцінка загальної та різних видів локальної корозії, а також здійснюється захист обладнання від корозії. Використання того чи іншого методу залежить від специфіки протікання технологічних процесів, особливостей конструкції апаратів тощо. Що стосується методів зміннострумового імпедансу і електрохімічного шуму, то їх використання вимагає високої фахової підготовки обслуговуючого персоналу і досконалого вивчення особливостей конкретної конструкції, що підлягає діагностуванню. Саме це забезпечує високу точність діагностики. Використовувати ці методи для безперервного моніторингу стану обладнання в реальному часі поки що проблематично. Метод поляризаційного опору дозволяє вести моніторинг в реальному часі, має розвинутий математичний апарат. Але цей метод в основному використовується для вимірювання швидкості корозії і проблематично використовувати його для визначення ресурсу.

Таким чином, задача оцінювання корозійно-механічного стану обладнання і апаратури та прогнозування на основі цього залишкового ресурсу є задачею актуальною і важливою.

Метою представленої роботи є розробка датчиків корозіометричної системи, побудованої на вимірі електричного опору елементів відомої геометрії, що розташовані в рідкому агресивному середовищі. Цей метод добре відомий і має багато прикладів технічної реалізації, але не позбавлений деяких притаманних йому суттєвих недоліків: температурна залежність, вплив масштабних факторів тощо. Використання сучасної елементної бази і оригінальні ідеї побудови структури корозіометричної системи дозволили значною мірою усунути ці недоліки і запропонувати промисловості сучасну гнучку і надійну систему не лише контролю корозії,

але і визначення залишкового ресурсу в режимі реального часу.

Структурна схема корозіометричної системи з використанням датчиків занурювального типу і варіант тієї ж системи, коли роль датчика порівняння виконує частина стінки труби представлена на рис. 1.

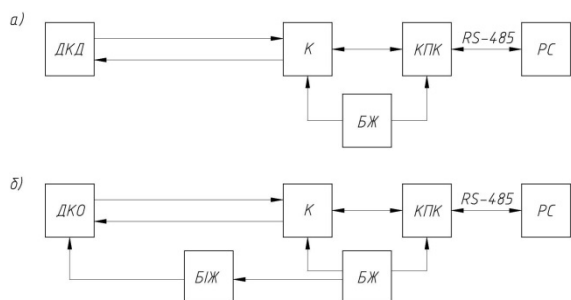


Рис. 1. Структурна схема системи корозійного контролю:
а – з датчиком корозії занурювального типу;
б – з ділянкою обладнання порівняльного контролю
ДКД- датчик корозії дротовий, К- корозиметр,
КПК- контролер процесу корозії, БЖ,
БЖ- блоки живлення, РС- робоча станція

Важливою складовою будь-якої системи вимірювання є первинні перетворювачі. Вимоги до них можуть бути найрізноманітніші: високі динамічні характеристики, компактність, великий ресурс, технологічність тощо. Але головною вимогою є відповідність отриманої інформації тим характеристикам і параметрам, що контролюються. При використанні датчиків занурювального типу важливим є не лише конструкція і характеристики самого первинного перетворювача, але і мінімізація його впливу на рух середовища, що його оточує, врахування дії агресивного середовища на стабільність його роботи тощо. Тому важливим є вибір місць установки таких датчиків на обладнанні і простота обслуговування.

Розробниками системи запропоновані датчики власної розробки. На рис. 2 наведена функціональна схема датчика занурювального типу.

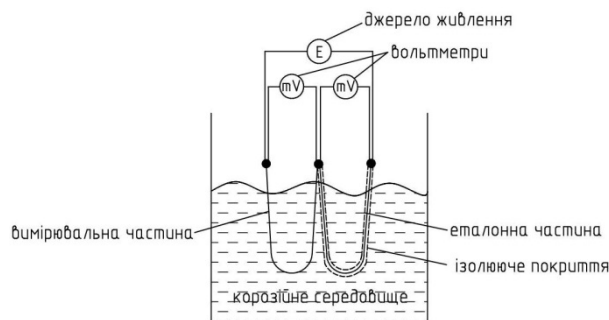


Рис. 2. Функціональна схема вимірювання швидкості корозії методом електричного опору з використанням спеціального датчика

Чутливий елемент (ЧЕ) складається з вимірювальної і еталонної частин, через які протікає однаковий струм. Остання захищена від дії агресивного середовища спеціальним ізолюючим покриттям з тefлону. Виготовлені вони з одного металу. Решта факторів впливу, як температура, тиск, динамічна дія середовища однакові для обох частин. На момент початку експлуатації відомі показання мілівольтметрів на вимірювальній і еталонній частинах ЧЕ. В процесі експлуатації внаслідок протікання корозійних процесів товщина вимірювальної частини датчика зменшується, що обумовлює збільшення електричного опору, а отже збільшення різниці показань мілівольтметрів. За співвідношенням падінь напруг визначається поточна товщина (діаметр) вимірювальної частини. Визначення динаміки змін товщини ЧЕ елемента дозволяє визначити швидкість протікання корозії.

На рис. 3 наведено конструкцію однієї з модифікацій описаного датчика.

Введення датчика в конструктив обладнання полегшується застосуванням спеціального уніфікованого вузла введення, конструктивно погодженого з геометрією датчика.

Розміри, геометрія, термін експлуатації і чутливість датчика визначаються залежно від прогнозованого значення швидкості корозії. Його метрологічні характеристики підтверджені Аттестатом Держстандарту України [5].

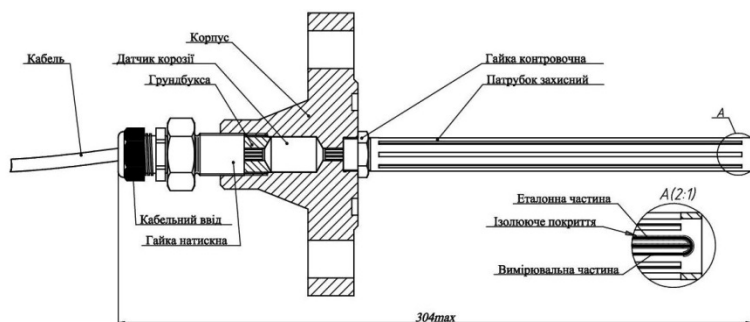


Рис. 3. Конструкція датчика корозії

Звичною проблемою неруйнівних методів контролю є необхідність доведення зв'язку між характеристикою, що вимірюється, і параметром, який є об'єктом вимірювання. В розглянутому випадку була необхідність доведення зв'язку між корозією датчика і корозією стінки труби. В корозіометрії дуже часто результати вимірювань підтверджуються гравіметричними дослідженнями тієї ж самої ділянки, що досліджувалась методом неруйнівного контролю. В даному випадку проведені гравіметричні іспити підтвердили високі метрологічні показники системи, чутливим елементом якої був описаний вище датчик.

Дещо інакше задача виміру швидкості корозії розв'язується, коли роль еталонної частини виконує частина обладнання, що не змінює своїх характеристик протягом експлуатації і працює за тих же температур. На рис. 4 представлено функціональну схему такого варіанта побудови вимірювання швидкості корозії.

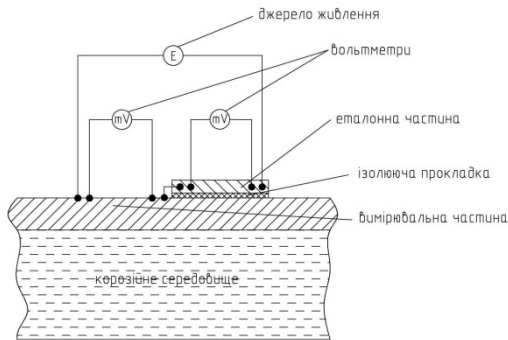


Рис. 4. Функціональна схема вимірювання швидкості корозії методом контролю корозії еталонної ділянки

В якості еталонного датчика, що не підлягає корозії, було використано елемент обладнання з тієї ж сталі (в представленому випадку це сегмент труби), наклеєний термопровідним клеєм зовні на деталь, що контролюється. Сам елемент електрично ізолюваний від труби. Попередньо ведеться підготовка стінки обладнання: приварювання кріпильних і

контактних шпильок, монтаж еталонної частини, кабелів. Монтаж шпильок ведеться за допомогою конденсаторного зварювання, що дозволяє виключити вплив зварювання на механічні, фізичні та корозійні характеристики обладнання, що контролюється. Монтажна ділянка термоізолюється від зовнішнього середовища, щоб виключити вплив конвективних струмів повітря в процесі подальшої експлуатації.

В процесі роботи через еталонну і контрольовану ділянку обладнання періодично пропускається струм і вимірюється падіння напруги на них. Падіння напружень на еталонній і вимірювальній ділянках пропорційно величинам їх опорів. За співвідношенням падіння напружень визначається товщина металу обладнання на контрольованій ділянці. Як і у випадку використання датчика, аналіз динаміки зміни товщини металу дозволяє оцінити швидкість корозії. Приклад облаштування робочої зони для контролю корозії за допомогою еталонної ділянки наведено на рис. 5.

Крім чутливих елементів до складу корозіометричної системи входять вторинна апаратура розробки ТОВ НТП «Екор». Для вимірювання падіння напруги на вимірювальній і еталонній частині датчика корозії або еталонної ділянки обладнання використовується корозиметр ЭКОР-ЭС-2М. Він виконує обробку і фільтрацію отриманих даних і в цифровій формі передає інформацію через RS-485 для подальшої обробки в контролер процесу корозії ЭКОР-КПК-ЭС-2.

Контролер призначений для управління процесом вимірювань та обробки отриманої від корозиметра інформації. Він виконує статистичну обробку даних, обраховує співвідношення опорів і розраховує геометричні розміри вимірювальної системи. За зміною товщини (діаметра) вимірювальної частини вираховує швидкість корозії за визначені проміжки часу (від 10 хвилин до 24 годин). Алгоритм роботи контролера виключає вплив на корозію вимірювальної частини датчика і дозволяє проводити вимірювання в умовах електрохімічного захисту.

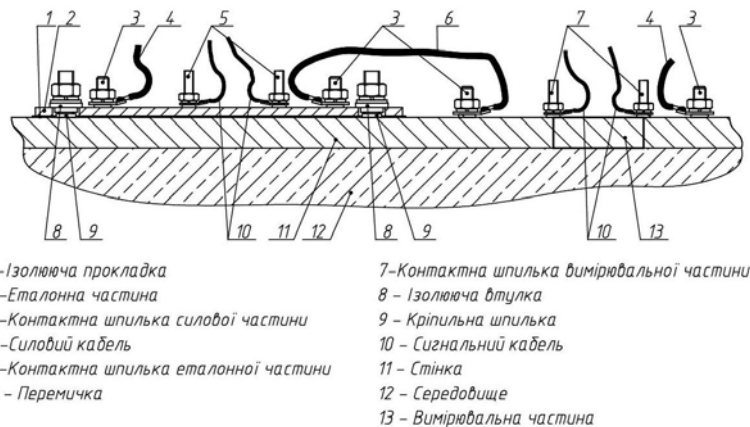


Рис. 5. Монтажна зона вимірювання корозії за допомогою еталонної ділянки

Отримана інформація записується і зберігається контролером протягом 3 місяців. Після контролера інформація передається для подальшої обробки в систему SCADA (Honeywell, Trace Mode тощо).

В SCADA системі залишковий ресурс визначається за формулою:

$$\tau = \frac{h_T - h_0}{V \cdot \alpha} \cdot 8760,$$

де: τ – залишковий ресурс обладнання, год;

h_T – поточна товщина стінки, мм;

h_0 – гранична товщина стінки, мм;

v – швидкість корозії, мм/год;

α – коефіцієнт неоднорідності корозії;

8760 – кількість годин на рік, год.

На цей час проведена державна атестація системи як засоба вимірювання корозії. Розроблена програма метрологічної атестації. Система має апробацію на підприємствах регіону, а окремі складові системи удосконалюються і проходять лабораторні дослідження на підприємстві-розробнику. За допомогою корозиометричної системи досліджується вплив на швидкість корозії таких факторів як температура, швидкість потоку, рН середовища, аерації тощо.

Література

1. Новицкий В.С., Писчик Л.М. Коррозионный контроль технологического оборудования. – К.: Наукова думка, 2001. – 171 с.
2. Чвірук В.П., Поляков С.Г., Герасименко Ю.С. Электрохимический мониторинг техногенных средовищ. – К.: Академперіодика, 2007. – 321с.
3. Патент України на корисну модель №38241. Імпульсний спосіб оцінки ступеня корозійно-механічного пошкодження обладнання / Зінченко О.В., Одарченко В.А., Бохонов А.А. – Оупблїк 25.12.2008. Бюл. № 24
4. Похмурський В.І., Хома М.С., Архипов О.Г. Розроблення імпульсного методу корозійного моніторингу та виготовлення технічних засобів для оцінки критичного стану обладнання хімічної промисловості, що працює за підвищених параметрів // Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин. Збірник наукових статей. Наук. кер. акад. Б.Є.Патон. – 2012. – С.
5. Аттестат № РБ 38-012-15 на программно-технический комплекс «Система контроля скорости коррозии». – 30.12.2015

References

1. Novickij V.S., Pischik L.M. Korrozionnyj kontrol' tehnologicheskogo oborudovanija. – K.: Naukova dumka, 2001. – 171 s.
2. Chviruk V.P., Poljakov S.G., Gerasimenko Ju.S. Elektrohimičnij monitoring tehnogennih seredovishh. – K.: Akademperiodika, 2007. – 321s.
3. Patent Ukraini na korisnu model' #38241. Impul'snij sposib ocinki stupenja korozijno-mehaničnogo posh-

kodzhennja obladnannja / Zinchenko O.V., Odarchenko V.A., Bohonov A.A. – Opublik 25.12.2008. Bjul. # 24

4. Pohmurs'kij V.I., Homa M.S., Arhipov O.G. Rozroblennja impul'snogo metodu korozijnogo monitoringu ta vigotovlennja tehničnih zasobiv dlja ocinki kritičnogo stanu obladnannja himičnoj promislovosti, shho pracjue za pidvishhenih parametriv // Problemi resursu i bezpeki ekspluataciji konstrukcij, sporud ta mashin. Zbirnik naukovih statej. Nauk. ker. akad. B.E.Paton. – 2012. – S.
5. Аттестат № РБ 38-012-15 на программно-технический комплекс «Система контроля скорости коррозии». – 30.12.2015

Ушакова А.В., Архипов А.Г., Довгалов Л.Ю., Ушакова Е.Ю. Составляющие системы коррозионного мониторинга на основе метода HIGH-RESOLUTION ER

Рассмотрена структура современной корозиометрической системы на основе метода HIGH-RESOLUTION ER. Приведен пример конструкции датчика погружного типа, разработанного для этой системы и организация процесса измерения скорости коррозии без специального датчика. Роль эталона в этом случае выполняет подготовленная по специальной технологии часть стенки оборудования. Система позволяет не только измерять скорость коррозии, но и определять остаточный ресурс. Обработка информации осуществляется системой SCADA Trace Mode. Система гибкая и позволяет легко вписываться в действующее оборудование.

Ключевые слова: корозиометрическая система, датчик, скорость коррозии, эталон, участок оборудования

Arkhipov O.G., Ushakova A.V., Dovgalov L.Y., Ushakova O.Y. Structure of the corrosion monitoring system based on high-resolution er method

The structure of the modern corrosion-measuring system based on the HIGH-RESOLUTION ER method is considered. The example of submersible sensor design, which was developed for this system and organization of the corrosion rate measuring process without the sensor is given. The role of the reference in this case is performed by a part of the equipment wall prepared according to a special technology. The system allows not only to measure the corrosion rate, but also to determine the residual life. Information processing is carried out by the SCADA Trace Mode system. The system is flexible and allows to easily fit into existing equipment.

Key words: corrosiometric system, sensor, corrosion rate, reference, equipment wall area

Ушакова А.В. – інженер ТОВ НТП «Екор», avushak@gmail.com;

Архипов О.Г. – д.т.н., професор, завідувач кафедри машинознавства та обладнання промислових підприємств ЧНУ ім. В. Даля, arkhypov@gmail.com;

Довгалов Л.Ю. – директор ТОВ НТП «Екор», ntp.ekor@gmail.com;

Ушакова О.Ю. – інженер ТОВ НТП «Екор», ntp.ekor@gmail.com;

Рецензент: д.т.н., проф. **Суворін О.В.**

Стаття подана 1.12.2017.