

МЕТОДИ І ЗАСОБИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

УДК 620.179.14

ДОВГОСТРОКОВИЙ МАГНІТНИЙ МОНІТОРИНГ ТЕХНОГЕННО НЕБЕЗПЕЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ

© Мирошников В. В., 2000

Східноукраїнський державний університет, м. Луганськ

Запропонована конструкція магнітного ферозондового давача, який дозволяє на протязі тривалого часу отримувати інформацію про структурні зміни у матеріалі працюючого об'єкту, що дозволяє відстежувати процес зародження та розвитку дефекту.

Діагностика технічного стану великогабаритних об'єктів, особливо розташованих під високим тиском та температурою, становить значну проблему в силу великих габаритів та складних умов вимірювання. У той же час саме діагностика подібних об'єктів представляє найбільший інтерес в силу важких наслідків при аварії цих об'єктів. Об'єкти такого виду, як: хімічні реактори, теплообмінники, трубопроводи діагностуються в неробочому стані при технічному обслуговуванні з періодичністю, визначеною технологічним циклом, який складає від кількох місяців до кількох років. У процесі проведення технічного обслуговування із стінки об'єкта контролю вирізається контрольний зразок, який всебічно досліджується в лабораторних умовах, після чого він заварюється на місце. На основі проведених фізико-хімічних досліджень контрольного зразка та при умові, що весь матеріал об'єкту має такі ж характеристики, як і контрольний зразок, розраховується ресурс роботи та надійність об'єкту. Такі припущення про відповідність матеріалу об'єкта контрольному зразку змушують закладати великий коефіцієнт запасу при оцінюванні надійності, в результаті чого знижується ресурс роботи обладнання. Багато сучасних конструкцій реакторів, теплообмінників не допускають порушення суцільності стінки, тому що мають внутрішній охоронний тонкоплівочний шар, якому властива підвищена стійкість до впливу внутрішнього середовища реактора. Діагностику стінок таких реакторів виконують також у період проведення технічного обслуговування ультразвуковим томографом, що займає багато часу і потребує високої кваліфікації фахівця, працюючого на такому складному і дорогому обладнанні.

Більш прості та традиційні магнітні та електромагнітні прилади неруйнівного контролю мало-ефективні, так як мають малу зону контролю, що не

перевищує 100 см², і вимагають значного часу і спеціальних пристосувань, щоб просканувати всю поверхню об'єкту. Таким чином, у діагностиці великогабаритних, екологічно небезпечних об'єктів спостерігається невідповідність витрачених коштів отриманим результатам, так як контроль об'єкту здійснюється у неробочому стані і та частина інформації про стан об'єкта під навантаженням, природньо, втрачається.

З метою отримання дійсно об'єктивної картини про стан матеріалу стінок об'єкту діагностування необхідно проводити на об'єкті, який знаходиться у робочому режимі. При цьому температура зовнішньої стінки об'єкту може сягати 70-140 °С. Не уявляється реальним і доцільним покривати всю поверхню об'єкту давачами. Достатньо встановити давачі у найбільш небезпечних, напружених місцях конструкції, які виявлені в процесі експлуатації або розраховані. Залишається вирішити задачу про кріплення давачів на поверхні об'єкту без пошкодження останнього, а також живлення та зняття інформації з давачів. В силу великих габаритів об'єкта контролю, розподіленості об'єкта на великій площі, умов безпеки, кабельні лінії зв'язку та живлення виявляються ненадійними (механічно та інформаційно), а їх прокладка та обслуговування вимагають значних трудовитрат.

Із всього вищевказаного можна виробити попередні вимоги до давачів, здатних працювати на техногенно небезпечних об'єктах, таких як нафтохімічні підприємства, газонасосні станції, теплообмінники тощо. Давач повинен забезпечувати достатньо велику поверхню контролю без механічного переміщення, стійкість до зовнішніх факторів, особливо до температури, мати автономне живлення і, як наслідок, мале енергоспоживання, коректування функції перетворення з урахуванням температурної та

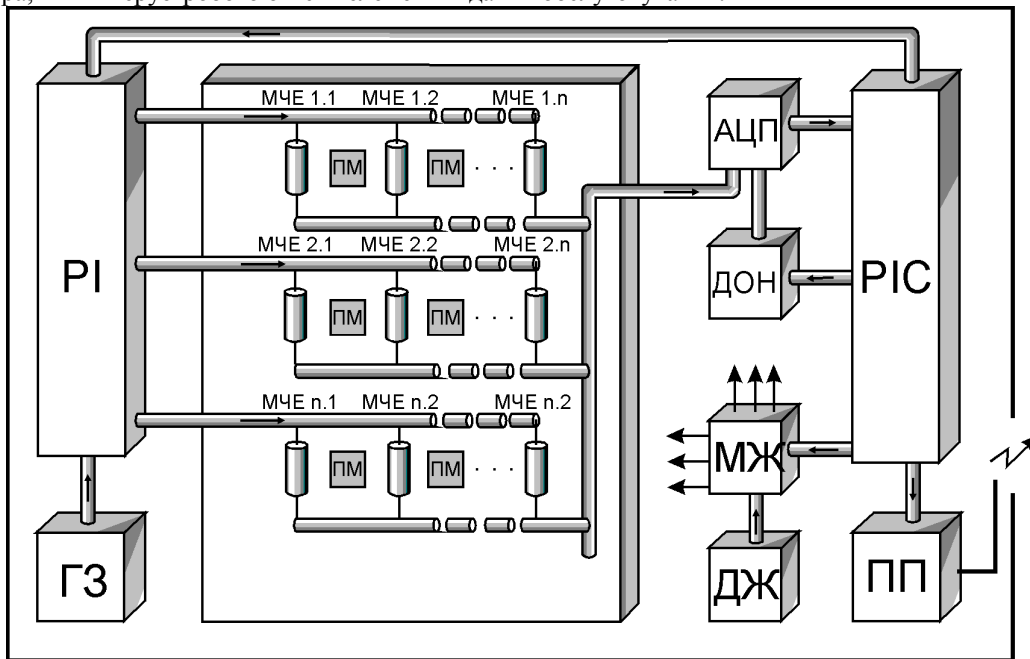
часової нестабільності, обробку, зберігання та передачу великих об'ємів даних, мінімальні габарити та вагу, низьку вартість.

Все це можливо здійснити на базі інтелектуальних давачів (ІД). Основним елементом ІД залишається первинний перетворювач. Як такий пропонується магніточутливий елемент (МЧЕ) з імпульсним збудженням. По суті це півелемент ферозонду [1], який містить осереддя із аморфного металу і дві обмотки - збудження та вихідну. Така конструкція МЧЕ має високу чутливість, стійкість до завад [2, 3], а завдяки імпульсному збудженню, МЧЕ легко набирається у матричний перетворювач з поелементним опитуванням і мінімумом спожитої потужності. МЧЕ вимірює магнітне поле на поверхні стінки об'єкту, яке створюється постійними магнітами, що виконують одночасно і роль магнітних присосок, утримуючих давачі на стінці. Матеріал постійних магнітів (самарій-кобальт) має високу часову і температурну стабільність.

Створення моніторингової системи передбачає збір, попередню обробку, зберігання та передачу інформації "in situ" (тобто "по місцю"). Реалізація режиму "in situ" здійснюється на базі РІС-контролера, який керує роботою всіх елементів да-

вача, здійснює обробку та зберігання одержаної інформації, а також "пакує" її і підготовляє до передачі (рис. 1). Вихідний сигнал з МЧЕ через швидкодіючий аналого-цифровий перетворювач з автоматичним вибором діапазону вхідної напруги поступає в РІС-контролер, де після необхідної обробки подається на цифровий прийомопередавач, який забезпечує півдуплексний режим зв'язку давача з базовим комп'ютером. Базовий комп'ютер через радіомодем організує зв'язок з будь-якою кількістю ІД та здійснює остаточну обробку одержаної інформації та її архівування.

Особливу увагу при побудові ІД приділено мінімізації енергоспоживання, яка досягається вибором елементної бази з малим енергоспоживанням, введенням в функцію РІС-контролера функції менеджера живлення, в задачу якого входить призупинка або повне відключення живлення елементів, які у даний момент не використовуються. Вибір оптимальної тактової частоти контролера у залежності від числа МЧЕ також дозволяє знизити енергоспоживання. Виконання всіх цих вимог забезпечує автономну роботу ІД від літєвої батареї на протязі 12...15 місяців, що цілком прийнятно з точки зору їх обслуговування.



ГЗ - генератор збудження; РІ - розподільник імпульсів збудження; ПМ - постійні магніти; МЧЕ1.1 - МЧЕп.п. - магніточутливі елементи; АЦП - швидкодіючий аналого-цифровий перетворювач; ДОН - джерело опорного напруження типу XFETTM; МЖ - менеджер живлення; ДЖ - джерело живлення, (літєва батарея); ПП - прийомопередавач; РІС - контролер.

Рис. 1. Структурна схема магнітного інтелектуального давача.

Перед встановленням ІД на працюючий об'єкт у місці його встановлення приставним коерцитимет-

ром визначаються основні магнітні характеристики стінки об'єкту, а саме: залишкова індукція B_r , коер-

цитивна сила H_c , за допомогою яких розраховується магнітна проникливість μ_r . Ці дані заносяться в базовий комп'ютер і служать початковими даними для наступних обчислень. Одержана з ІД інформація після перетворення є величиною напруженості магнітного поля розсіювання стінки об'єкта. Отримана напруженість поля розсіювання буде початковою інформацією для розрахунку розподілення намагніченості по об'єму контрольованого матеріалу по спеціально розробленій моделі.

Знаючи намагніченість і напруженість поля, розраховують індукцію та магнітну проникність, які порівнюються з початковими даними. По величині вимірювання трьох основних магнітних характеристик матеріалу: H_c , B_r , μ_r - визначається відсотковий вміст вуглеця (C, %) та твердість контрольованого матеріалу (HRC) об'єкта [4], після чого приймають рішення про надійність об'єкта контролю. Для одержання аналітичних залежностей матеріал, з якого виготовлено об'єкт контролю, проходить випробування в лабораторних умовах. Переважна більшість матеріалів, із яких виготовляються подібні об'єкти, достатньо вивчені і є великий об'єм даних, який встановлює взаємозв'язок між магнітними та механічними характеристиками матеріалу (рис. 2, 3). Систематизовані результати цих досліджень регулярно публікуються в журналі "Дефектоскопія".

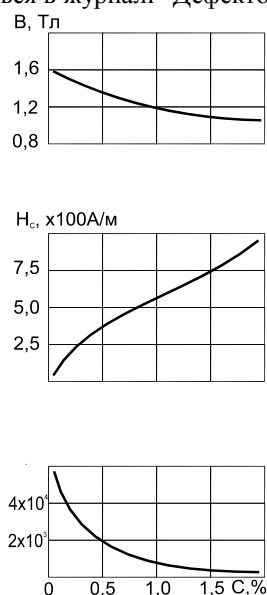


Рис. 2. Вплив змісту вуглеця на магнітні властивості сталі.

Утворення мікротріщин приводить до різкого (у 1,5...5 разів) збільшення в області мікротріщин напруженості поля розсіяння, в той час як склад і твердість матеріалу змінюються плавно в часі. Причому, передумовою до появи мікротріщин є обезвуг-

лецювання матеріалу, що видно при безперервному моніторингу і це дає можливість прогнозувати появу та слідкувати за динамікою розвитку мікротріщин. Отримані лабораторні результати є критерієм, який дозволяє правильно оцінити ті процеси, що відбуваються у металі об'єкта та прийняти рішення про надійність об'єкта контролю.

Базовий комп'ютер здійснює також коректування функції перетворення МЧЕ, яке необхідне в силу тимчасових температурних змін магнітних характеристик осереддя МЧЕ. Коефіцієнти поправок визначаються в залежності від температури та величини старіння матеріалу осереддя. Одночасно з визначенням вказаних коефіцієнтів базовий комп'ютер здійснює тестування робоздатності самого ІД. У процесі тестування на вхід АЦП подається зразковий сигнал від вмонтованого додаткового джерела типу XFET™ [6], який має високу температурну та часову (2×10^{-7} В/1000ч) стабільність у діапазоні температур від -40 до 125 °С. Тестування здійснюється в автоматичному чи ручному режимі для перевірки каналу обробки інформації та підтвердження надійності отриманої інформації.

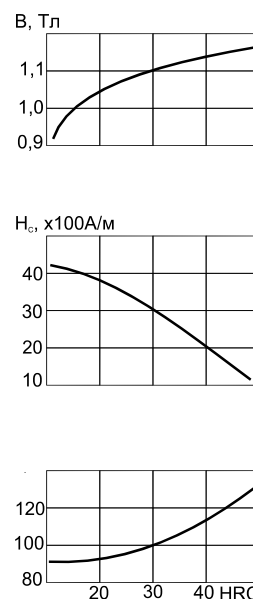


Рис. 3. Залежність магнітних властивостей сталі від твердості.

Важливим питанням при проектуванні систем довгострокового моніторингу є надійність інформаційно-обчислювальних систем, розрахунок якої здійснюється на основі даних про надійність складових блоків. Кожний блок представляє собою складну, багатоеlementну інформаційно-вимірювальну

вальну систему. У відповідності з методикою науково-дослідного інституту електронного приладобудування [7] розрахунок вірогідності безвідказної роботи ІД виконано методом статистичного моделювання. Надійність визначалася за 1000 годин, а відмова ІД визначається як проходження менше 90 % сигналів при тестуванні ІД. Отримана довірча вірогідність безвідмовної роботи ІД склала 0,98, а з врахуванням точності самого методу статистичного моделювання реальна вірогідність безвідмовної роботи ІД дорівнює 0,99 з матрицею 20×20 МЧЕ, що відповідає площі контролю 100 см^2 .

Конструктивно ІД виконано в герметичному циліндричному корпусі з металу 12Х18Н10ТС з внутрішнім пермалоєвим екраном. Діаметр ІД залежить від кількості МЧЕ у матриці, а довжина складає 120 мм, що дозволяє віддалити електронні компоненти від нагрітої стінки реактора і тим самим забезпечити допустимий температурний режим роботи останніх. Усі елементи давача покриті силіконовим лаком SCC3, а корпус зібраний із застосуванням силіконового герметика.

Розроблювані ІД дозволяють замінити попередні давачі, які встановлені на НВЗ "Нефтеоргсинтез" (м. Кіріши) у 1991 році, підвищити безпеку та безперервний ресурс роботи хімічних реакторів.

1. Яковенко В. В. Феррозонд с однополярным импульсным возбуждением // Дефектоскопия, 1984, № 4, С. 36-40.
2. Яковенко В. В., Мирошников В. В. Функция преобразования феррозонда при однополярном возбуждении // Измерительная техника, № 8, 1988, С. 64.
3. Мирошников В. В., Шевченко А. И. Проектирование дифференциального феррозонда // Вестник Восточноукраинского университета № 4, 1997. - С. 135-140.
4. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин, В. Н. Филипов и др.; Под ред. В. В. Клюева - М.: Машиностроение. 1995. - 448 с.
5. Пашагин А. И., Бенклиевская И. П. Экспериментальное исследование магнитного поля поверхностного дефекта сложной геометрической формы в ферромагнитном изделии. // Дефектоскопия, 1995, № 54. - С. 53-59.
6. XFETTM References // Analog Dialogue - Analog Divices, 1998, Vol. 32, № 1, P. 3-4.
7. Абрамов А. И., Гордийчук Н. И., Ковалышин Ю. Т. Автоматизированная система расчетов показателей надежности электроизмерительной аппаратуры // Труды ВНИИЭП. Автоматизация производства и управления в электроприборостроении. 1984. - № 64. - С. 7-12.