

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ КОМПЛЕКСУ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОГО ЗВАРЮВАННЯ

Чернігівський державний технологічний університет
вул. Шевченка, 95, Чернігів, Україна, 14027
E-mail: evnikitenko@gmail.com

Досліджено структуру системи технічного діагностування. Запропоновано алгоритм технічного діагностування електронно-променевого зварювального комплексу як основи для створення автоматизованої системи технічної діагностики.

Ключові слова: електронно-променеве зварювання; технічна діагностика.

Постановка проблеми

Технічна діагностика є засобом підтримання заданого рівня надійності, забезпечення вимог безпеки й ефективності використання об'єктів. Технічний стан об'єкта може бути охарактеризований несправностями, що порушують працездатний стан об'єкта в цілому, а також правильністю функціонування його окремих вузлів. Процес визначення технічного стану об'єкта в результаті пошуку і виявлення несправностей із зазначенням за необхідності місця, виду і причини називається технічним діагностуванням.

Традиційне визначення технічного стану об'єкта припускає зупинення та розбирання обладнання. Це пов'язано зі значними витратами часу та коштів. Несправності зазвичай виявляються за допомогою контрольно-вимірювальних приладів та особливих (діагностичних) технічних засобів і базується на контролі та особливих випробуваннях (тестах).

Аналіз досліджень

Типова структура системи технічного діагностування в найпростішому варіанті містить діагностичні датчики, що сприймають діагностичну інформацію від об'єкта; перетворювачі, які перетворюють сигнали від датчиків в уніфікований вигляд, зручний для оброблення; пристрої оброблення та виведення інформації.

Системи діагностування поділяють за ступенем спільності інформації на локальну та загальну, а за характером взаємодії з об'єктом – на тестову і функціональну.

Локальне діагностування використовують для оцінювання технічного стану окремих вузлів і модулів, а загальне діагностування – головним чином для оцінювання технічного стану об'єкта в цілому.

Тестова система формує вплив, що подається на об'єкт, який перевіряється, для отримання від нього відповідної інформації.

Функціональна система реєструє інформацію про стан об'єкта в процесі його функціонування.

Робота зварювальних комплексів зазвичай супроводжується супутніми процесами (теплообміном, масообміном, вібрацією), параметри яких відображають технічний стан об'єкта і містять необхідну для діагностування інформацію. Такі параметри називають діагностичними: вони є фізичними величинами і можуть бути безпосередньо виміряні на працюючому об'єкті.

Зварювальний комплекс як об'єкт діагностування можна подати у вигляді комплексу вузлів і деталей, стан яких відображається діагностичними параметрами:

- напруга прискорення джерела живлення $U_{пр}$, кВ;
- поточний струм зварювання $I_{зв}$, мА;
- поточний струм фокусування $I_{ф}$, мА;
- поточна напруга бомбардування $U_{б}$, кВ;
- поточна напруга замикання $U_{зам}$, кВ.

Закономірності зміни діагностичних параметрів у часі, як правило, аналогічні закономірностям зміни параметрів технічного стану об'єктів.

У процесі роботи діагностичні параметри змінюються від початкового значення до гранично-допустимого за деякий час напрацювання. Вимірюючи поточне значення діагностичного параметра і порівнюючи його з ознаками еталонного стану об'єкта, можна встановити технічний стан об'єкта в певний момент часу і прогнозувати його подальший стан. Зазвичай для діагностичного висновку потрібно аналізувати велику кількість діагностичних параметрів. Тому для складних об'єктів створюють автоматизовані системи діагностики, що виконуються на базі персональних комп'ютерів.

Метою роботи для створення автоматизованої системи технічного діагностування є:

- розроблення математичної моделі функціонування об'єкта діагностування, що дозволяє перевіряти працездатність і правильність функціонування за сукупністю діагностичних параметрів;

- створення математичної моделі пошкоджень і відмов, що дає змогу виявляти причини їх виникнення;

- побудування алгоритмів діагностування, що досягається вибором такої сукупності елементарних перевірок, за результатами яких можна в завданнях виявлення пошкоджень і відмов відрізнити справний або працездатний стан, або стан правильного функціонування від його несправних станів, а в завданнях пошуку пошкоджень і відмов розрізнити несправні і непрацездатні стани між собою.

Для вирішення таких завдань застосовують різні математичні моделі. Так, для створення моделей, що дозволяють перевіряти працездатність і правильність функціонування, використовують системи лінійних та нелінійних рівнянь.

Для побудови моделей пошкоджень і відмов застосовують топологічні моделі у вигляді дерев відмов і графів причинно-наслідкових зв'язків між технічними станами і діагностичними параметрами.

Моделі об'єктів діагностування є основою для побудови алгоритмів діагностування.

З технічним діагностуванням пов'язане прогнозування технічного ресурсу об'єкта.

Алгоритм технічного діагностування становить основу для створення автоматизованої системи технічної діагностики.

Побудова діагностичної мережі

Система діагностики складається з верхнього та нижнього рівнів.

Верхній рівень (програмний) – рівень побудови діагностичного дерева помилок – реалізується в HOST-комп'ютері.

Нижній рівень – програмно-апаратний (діагностична локальна мережа) – це рівень збирання первинної інформації, моніторингу функціонування вузлів технологічного обладнання.

Діагностичну мережу побудовано на базі універсальних діагностичних модулів (УДМ), об'єднаних двопровідною лінією зв'язку з використанням завадостійкого мережевого протоколу CAN (рис. 1).

Через спеціальну інтерфейсну плату локальну мережу підключено до HOST-комп'ютера. Цей комп'ютер програмує вузли мережі, передає їм і отримує від них необхідну інформацію у вигляді діагностичних повідомлень, які використовуються для побудови дерева помилок.

Універсальний діагностичний модуль – це блок, що використовується для контролю функціонування і керування вузлами технологічного устаткування [1].

Як ядро модуля використовується мікропроцесор Cygnal C8051F005, у складі якого багатоканальні аналого-цифрові (АЦП) та цифро-аналогові (ЦАП) перетворювачі, аналогові компаратори і цифрові порти введення-виведення [2].

Через стандартний послідовний порт SPI мікропроцесор з'єднується зі спеціалізованим мікроконтролером MCP2510 для обслуговування протоколу шини CAN [3].

Модуль конструктивно виконаний у вигляді окремого функціонального блока (невеликої плати), оснащеного рознімами для підключення до контрольованих пристроїв і шини CAN.

Усі аналогові та цифрові входи і виходи мікропроцесора захищені від перевищення рівнів напруги на них ланцюжками, що складаються з баластного резистора та зведеного діода Шоттки. Захисні ланцюжки перешкоджають виникненню на виводах від'ємних напруг і напруг, що перевищують +3,3 В.

Обмеження на рівні +3,3 В забезпечується ланцюгом зі стабілітрона і двох конденсаторів.

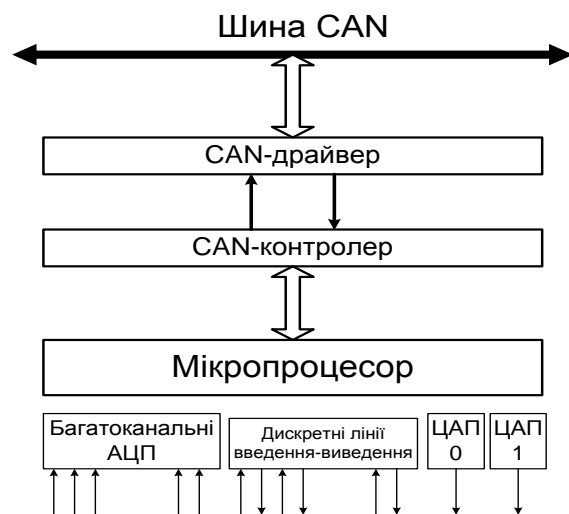


Рис. 1. Структурна схема універсального діагностичного модуля

Модуль живиться автономно від живлення контрольованої апаратури і лінії живлення +12 В, прокладеної в мережі CAN (у блоках низької напруги), або від спеціальної обмотки трансформатора в блоках високої напруги.

На платі модуля розташовані три вторинні стабілізатори напруги – один на +5 В для живлення CAN-контролера і CAN-драйвера, і два – на +3.3 В для живлення мікропроцесора. На платі також розміщений 16-канальний мультиплексор, що використовується для збільшення кількості каналів аналогового вимірювання до 23.

Мікропроцесор через свої аналогові та цифрові входи збирає інформацію про роботу елементів плати, вузла, на якому він розміщений, обробляє її і передає діагностичні повідомлення у локальну двопровідну діагностичну шину, яка підведена до всіх плат через штатні розніми.

Слід виділити такі принципи організації діагностичної мережі.

1. Кожному модулю присвоюється власний ідентифікаційний код в мережі.

2. При ініціалізації мережі кожен модуль отримує від HOST-комп'ютера програмний пакет, у якому містяться дані для функціонування модуля. Програма модуля складається з двох частин:

– константної, яка визначає алгоритм і набір контрольованих параметрів для конкретного вузла, до якого підключений модуль;

– динамічної, яка визначає допустимі межі зміни параметрів, що контролюються. Динамічна частина може довантажуватися в процесі роботи «на льоту».

3. Модуль може не тільки вимірювати контрольований параметр, а й керувати ним через аналогові й цифрові порти мікропроцесора, підтримуючи значення параметра в заданих межах.

4. Модуль самостійно оцінює відповідність контрольованого параметра нормі. У лінію зв'язку він видає формалізовані текстові повідомлення (наприклад, норма / не норма).

5. У складі модуля може бути генератор тестового сигналу, який подається на контрольований вузол для перевірки його функціонування в автономному (тестовому) режимі.

6. Модуль може видавати розширену інформацію про контрольовані параметри за запитом від HOST-комп'ютера.

7. Пакет даних від вузлів діагностичної мережі передається до центрального процесора із супроводом його контрольною сумою, яка

формується мікропроцесором, а не лише мережевим контролером CAN. Це необхідно для впевненості, що мікропроцесор міститься в робочій програмі, а не вийшов з неї, наприклад, через високовольний розряд в технологічному обладнанні. У цьому випадку повернення модуля в програму відбувається за сигналом внутрішнього «сторожового таймера» (Watch-Dog-Timer).

Корисним може бути мажоритарне дублювання посилки на випадок збою під час передачі посилки з мікропроцесора в контролер шини CAN (рис. 2).

Таким чином, HOST-комп'ютер може бути розвантажений від задання динамічного керування численними пристроями, а обсяг переданої по шині інформації обмежуватися передаванням текстових діагностичних повідомлень.

Основні елементи системи діагностики

Плату нормалізаторів сигналів застосовують для узгодження рівнів контрольованих сигналів з допустимим входним діапазоном АЦП діагностичного модуля. Для узгодження використовують набір однотипних каскадів повторювачів-інверторів, виконаних на базі мікросхем операційних підсилювачів MC1458.

Кожен каскад повторює вхідний сигнал, що пройшов через відповідний резистивний подільник, і, в разі потреби, інвертує та зрушує його в додатну область на величину половини вхідного діапазону АЦП. Це дає змогу без перебудови каскадів контролювати біполярні сигнали.

На платі нормалізаторів встановлені два буферні каскади підсилювачів, які обслуговують виходи інтегральних ЦАП. У блоці керування струмом пучка один із ЦАП призначений для задання струму.

На платі нормалізаторів реалізована схема призначення семизначної адреси модуля. Кожному модулю призначається своя адреса-ідентифікаційний код, який модуль зчитує з увімкненням живлення і яким він супроводжує свої посилки.

Аналоговий сигнал керування струмом пучка формується 12-розрядним ЦАП мікропроцесора C8051F005. Формування аналогового сигналу керування безпосередньо стабілізатором струму пучка забезпечує високу часову і температурну стабільність струму.

Плата узгодження DMP-модуля (модернізованого) із шиною CAN призначена для перетворення паралельного коду, що надходить на DMP-модуль,

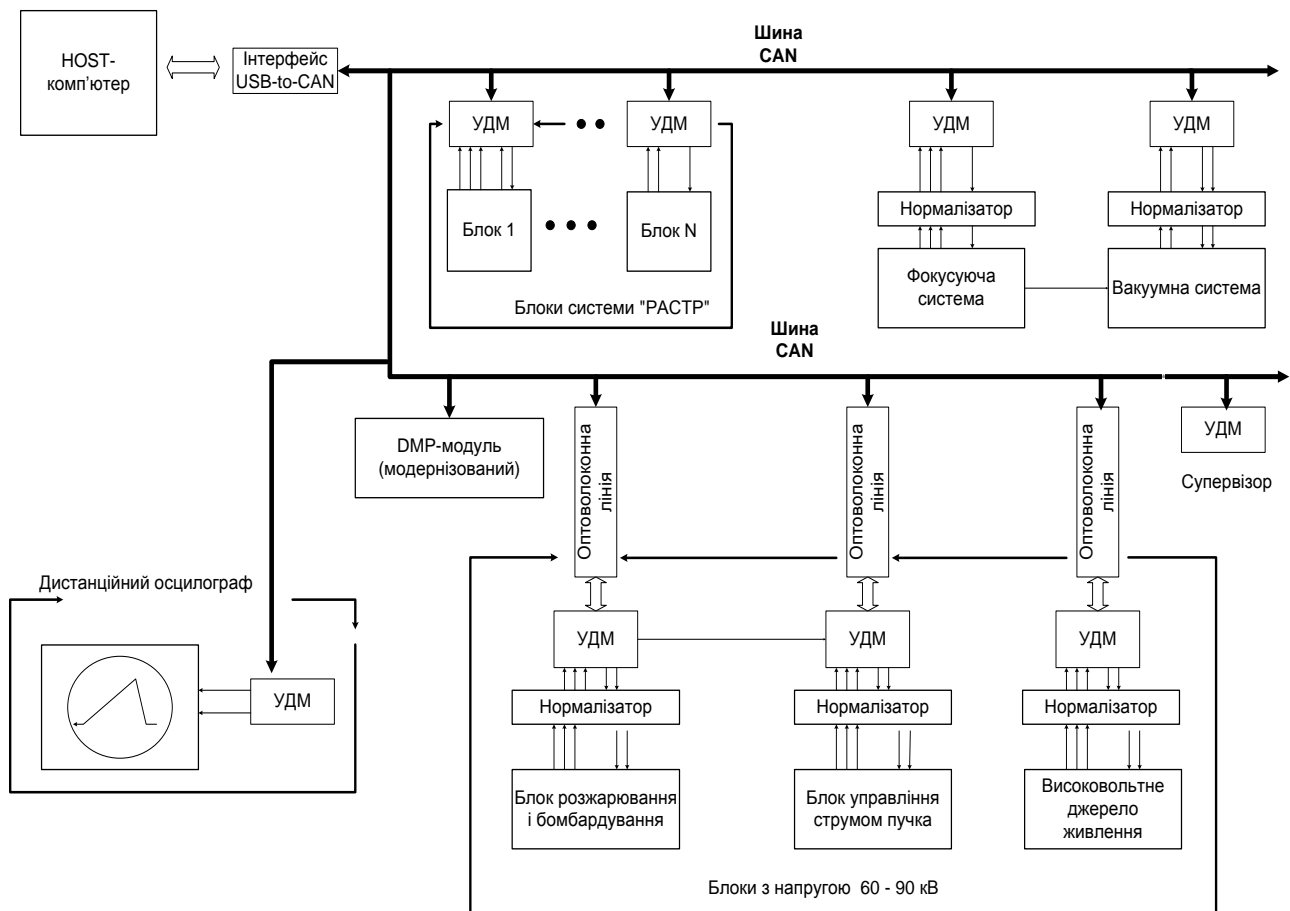


Рис. 2. Розподілена система діагностики та керування електронно-променевими зварювальними комплексами

у послідовний код у стандарті CAN і передавання його в блок керування струмом пучка. Плата містить мікропроцесор C8051F230, контролер для обслуговування шини MCP2510, драйвер шини TJA1050 і два вторинні стабілізатори LM1117.

Дистанційним осцилографом є стандартний діагностичний модуль, увімкнений у CAN-мережу, який може приймати цифрову інформацію від будь-якого блока або контрольованої точки, перетворювати її в аналогову форму і через ЦАП мікропроцесора видавати на звичайний осцилограф. При цьому забезпечується можливість спостерігати форму електричних сигналів у будь-якій контрольованій точці і діагностувати стан електронних елементів пристроїв.

Супервізором є стандартний діагностичний модуль, увімкнений у CAN-мережу, у функції якого входить диспетчеризація потоків інформації, що проходять по мережі, і моніторинг функціонування вузлів мережі.

Побудова алгоритму діагностування

Передбачається двоетапна реалізація діагностичної системи.

Перший етап – первинна інформація від діагностичних модулів про рівні напруг у всіх значущих вузлах електронних схем відображається на мнемограмі – схематичному зображенні технологічної апаратури на екрані монітора комп'ютера верхнього рівня. З цієї мнемограми кваліфікований обслуговуючий персонал може досить просто визначити несправність якого-небудь ланцюга або компонента.

Другий етап – діагностична система дооснащується алгоритмами автоматичного визначення несправностей.

Вихідним продуктом діагностичної системи на цьому етапі є текстове діагностичне повідомлення, що передається на екран монітора комп'ютера верхнього рівня і являє собою інструкцію до дії.

Написання алгоритму діагностування являє собою визначення причинно-наслідкового ланцюжка між виникненням відхилення від норми параметра будь-якого компонента електричної схеми і наслідком цього відхилення.

Побудова цього ланцюжка в напрямку від причини до наслідка є вирішення прямого завдання.

Оскільки наявна лише інформація про наслідки, тобто відхилення від норми напруги у вузлах електричної схеми, то побудова алгоритму діагностики являє собою вирішення зворотного завдання – від наслідків до причин.

Вирішення цих завдань розділено на такі кроки.

1. Складання повного списку діагностичних повідомлень.

Максимальний розмір та зміст діагностичних повідомлень для конкретної установки визначаються повним переліком електричних кіл і компонентів, які входять до складу установки, або типових елементів заміни (функціональних вузлів або плат), які повинні бути цілком замінені у разі виникнення в них несправності.

2. Побудова логічного причинно-наслідкового дерева несправностей для діагностичного повідомлення.

Дерево несправностей для конкретного діагностичного повідомлення будується на базі інформації про всі можливі неприпустимі зміни потенціалів в електричних схемах, які можуть бути спричинені несправністю електричного компонента, типового елемента заміни або ланцюга.

3. Визначення ділянки розгалуження дерева несправностей для конкретного діагностичного повідомлення.

Кожен діагностичний модуль має свою зону покриття, у якій він збирає первинну інформацію, що використовується для визначення несправностей. Якщо гілки дерева несправностей для конкретного діагностичного повідомлення локалізовані в зоні, що покривається одним діагностичним модулем, то логічний аналіз і формування діагностичного повідомлення проводяться безпосередньо цим модулем.

Якщо ж гілки дерева опиняються в зоні покриття декількох діагностичних модулів, то логічний аналіз і формування повідомлення виконується діагностичним модулем з функцією «супервізор», у який надходить первинна інформація від решти діагностичних модулів.

4. Наповнення діагностичних програмних модулів інформацією про допустимі межі зміни контрольованих параметрів.

Виконання цієї процедури передбачається реалізувати в два етапи:

– ручний, коли граничні значення допустимих змін параметрів вводяться в систему у вигляді файлу ініціалізації;

– автоматичний, коли граничні значення допустимої зміни параметрів обчислюються програмою автоматично під час проведення процедури калібрування.

Висновки

Автоматизована система технічного діагностування реалізована у вигляді діагностичної мережі, яка побудована на базі універсальних діагностичних модулів, об'єднаних двопровідною лінією зв'язку з використанням завадостійкого мережевого протоколу CAN. У роботі наведено принципи організації діагностичної мережі, побудовано алгоритм діагностування.

Література

1. Литвинов В.В. Системы диагностики для установок электронно-лучевой сварки / В.В. Литвинов, И.Ю. Григорьев // Математические машины и системы. – К.: Институт проблем математических машин и систем, 2010. – № 2. – С. 21–31.

2. Николайчук О.И. Системы малой автоматизации / О.И. Николайчук. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2003. – 256 с.

3. Щербаков А. Сеть CAN: популярные прикладные протоколы / А. Щербаков // ChipNews. – 1999. – № 5 (38). – С. 2–7.

References

1. Litvinov, V.V.; Grigoriev, I.Yu. 2010. *Diagnostic systems for electron-beam welding installations*. Journal "Mathematical Machines and Systems". Kyiv, Institute of Mathematical Machines and Systems Problems. N 2: 21–31 (in Russian).

2. Nykolaychuk, O.I. 2003. *Small automation systems*. Moscow, SOLON-Press. 256 p. (in Russian).

3. Shcherbakov, A. 1999. *Network CAN: popular application protocols*. ChipNews. N 5 (38): 2–7 (in Russian).

Нікітенко Євгеній Васильович. Кандидат фізико-математичних наук. Доцент.

Кафедра інформаційних і комп'ютерних систем, Чернігівський державний технологічний університет, Чернігів, Україна.
Освіта: Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ, Україна (1992).

Напрямок наукової діяльності: розроблення інформаційних технологій для побудови та впровадження автоматизованих систем технічного діагностування.

Кількість публікацій: 25, авторське свідоцтво 1, патент 1.

E-mail: evnikitenko@gmail.com

E. Nikitenko. Electron beam welding complex diagnostics automated system

Chernihiv State Technological University, Shevchenko street, 95, Chernihiv, Ukraine, 14027

E-mail: evnikitenko@gmail.com

The structure of the system of technical diagnostics is investigated. The algorithm of technical diagnostic of electron beam welding complex, which serves as the basis for creation of automated system for technical diagnostics, is proposed.

Keywords: electron-beam welding; technical diagnostics.

Nikitenko Eugene. Candidate of Physical and Mathematical Sciences. Associate Professor.

Department of Information and Computer Systems, Chernihiv State Technological University, Chernihiv, Ukraine.

Education: Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine (1992).

Research area: information technologies development for the construction and implementation of automated systems for technical diagnosis.

Publications: 25, certificate of authorship 1, patent 1.

E-mail: evnikitenko@gmail.com

Е.В. Никитенко. Автоматизированная система диагностики комплекса электронно-лучевой сварки

Черниговский государственный технологический университет, ул. Шевченко, 95, Чернигов, Украина, 14027

E-mail: evnikitenko@gmail.com

Исследована структура системы технического диагностирования. Предложен алгоритм технического диагностирования электронно-лучевого сварочного комплекса как основа для создания автоматизированной системы технической диагностики.

Ключевые слова: техническая диагностика; электронно-лучевая сварка.

Никитенко Евгений Васильевич. Кандидат физико-математических наук. Доцент.

Кафедра информационных и компьютерных систем, Черниговский государственный технологический университет, Чернигов, Украина.

Образование: Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, Киев, Украина (1992).

Направление научной деятельности: разработка информационных технологий для построения и внедрения автоматизированных систем технического диагностирования.

Количество публикаций: 25, авторское свидетельство 1, патент 1.

E-mail: evnikitenko@gmail.com