

УДК 681.51: 537.528
Б 69

АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС МОДЕЛЮВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

В. С. Блінцов, проф., д-р техн. наук;
В. В. Діордійчук, магістрант;
С. С. Козирєв, канд. техн. наук

Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

Анотація. Розроблено апаратні й програмні засоби для моделювання та тестування мікропроцесорних систем керування електророзрядними технологіями з метою забезпечення надійності підтримки необхідних технологічних режимів.

Ключові слова: електророзрядні технології, технологічні режими, мікропроцесорна система керування, апаратні та програмні засоби, моделювання, тестування.

Аннотация. Разработаны аппаратные и программные средства для моделирования и тестирования микропроцессорных систем управления электроразрядными технологиями с целью обеспечения надежности поддержания необходимых технологических режимов.

Ключевые слова: электроразрядные технологии, технологические режимы, микропроцесорная система управления, аппаратные и программные средства, моделирование, тестирование.

Abstract. The hardware and software tools were developed for modeling and testing of microprocessor-based electric-discharge technologies control systems. The developed tools provide stable maintenance of required technological modes.

Keywords: electrodischarge technologies, processing methods, microprocessor-based control systems, hardware and software tools, modeling, testing.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Електророзрядні технології як об'єкт керування належать до багатовимірних дискретно-неперервних нормальних стохастичних систем з вихідними координатами у вигляді випадкових функцій нестационарних по математичному сподіванню [4].

Для реалізації синтезованих адаптивних законів керування електророзрядними технологіями на основі нечітких моделей, які забезпечують керованість на всьому просторі станів з урахуванням нелінійності, стохастичності та невизначеності збурюючих впливів

[1, 2], необхідно застосування мікропроцесорної обчислювальної системи з достатньою швидкістю, точністю і об'ємом оперативної та зовнішньої пам'яті. При проектуванні та тестуванні потужних мікропроцесорних обчислювальних систем доцільно мати апаратно-програмний комплекс для моделювання реальних режимів роботи системи керування, що дасть змогу прискорити розробку, знизити затрати на проектування та забезпечити надійність роботи систем керування.

МЕТА РОБОТИ — розробка апаратно-програмного комплексу моделювання режи-

мів роботи мікропроцесорної системи керування на основі нечіткої моделі, побудованої з використанням методів fuzzy-апроксимації в середовищі MATLAB [3].

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

В основу побудови апаратно-програмного комплексу моделювання режимів роботи мікропроцесорної системи керування електророзрядними технологіями покладено принцип модульності та уніфікації інтерфейсів. Цим вимогам відповідає багаторівнева ієрархічна структура. Мінімальна конфігурація системи – дворівнева – включає в себе польовий рівень і рівень диспетчерського керування (рис. 1). На польовому рівні розташовано системи автоматичного керування режимом перетворення енергії, допоміжними операціями і под. Системи цього рівня включають у себе датчики, контролери, виконуючі механізми. На рівні диспетчерського керування розташовано персональний хост-комп'ютер з автоматизованим робочим місцем (АРМ) дис-

петчера. Зв'язок між рівнями здійснюється за допомогою стандартних інтерфейсів USB, COM, SPI. Моделювання електровибухового перетворення енергії в режимі реального часу з використанням методів fuzzy-апроксимації в середовищі MATLAB відбувається на хост-комп'ютері диспетчерського рівня, де є можливість задавати режими розряду.

При розробці архітектури проведено аналіз вимог до засобів і способів доступу до елементів системи, організації і розрядності інтерфейсів, організації і способів адресації пам'яті, обробки переривань.

Комплекс складається з підсистем різного призначення, в яких аналогові сигнали з датчиків нормуються, перетворюються у цифровий код, оброблюються відповідно до заданих моделей і алгоритмів та перетворюються до виду інформаційних координат. Ці функції виконують складні мікропроцесорні системи у вигляді окремих модулів з уніфікованими інтерфейсами, що дозволяє використовувати шини даних (ШД/СШД) і адреси (ША/США) як загальний ресурс цифрової системи.



Рис. 1. Архітектура апаратно-програмного комплексу

Як основні керуючі компоненти підсистем обох рівнів використані контролери фірми Atmel серії Mega (AtMega16, AtMega8535), оскільки вони забезпечують необхідну швидкодію керування елементами системи та мають повний набір необхідних функцій. При налагодженні, тестуванні та випробуванні окремих блоків цифрової системи керування комплекс забезпечує можливість їх роботи як в автономному режимі, оскільки всі блоки мають додаткові підсистеми індикації і панелі введення інформації, так і у складі системи, завдяки уніфікованому інтерфейсу SPI, який апаратно реалізовано у мікроконтролерах фірми Atmel. Структура шини SPI дозволяє гнучко змінювати конфігурацію системи при проведенні експериментальних досліджень, наприклад для визначення параметрів технологічних режимів.

З метою реалізації алгоритмів обробки даних, алгоритмів керування об'єктом та забезпечення сукупності специфічних протоколів взаємодії підсистем та системи в цілому з хост-комп'ютером або іншими мікропроцесорними системами розроблено комплекс програмних засобів.

Структура комплексу програмного забезпечення (ПЗ) повторює ієрархічну структуру системи керування в цілому. За принципом приналежності до рівня системи керування комплекс ПЗ розділено на програмне забезпечення АРМ оператора, програмне забезпечення центральної процесорної системи та програмне забезпечення підпорядкованих систем. Додатково, за функціональними ознаками, ПЗ кожного рівня системи поділено на рівень команд, рівень транзакцій протоколу, рівень сигналів. Рівень програмного забезпечення команд представлено набором чітко визначених операцій специфічних для кожного рівня ієрархії системи. Він дозволяє реалізувати функціональну наповненість підсистем та системи вищого рівня без доступу до низькорівневих програмних функцій, що значно спрощує алгоритми роботи як однієї окремої підсистеми, так і всієї системи в сукупності. На базі рівня команд будується інтерфейс користувача і системи керування, систем вищого рівня та виконавчих підсистем. Командна взаємодія між елементами системи відбувається

завдяки рівню транзакції, через який відбувається обмін командами та даними в системі.

Рівень транзакцій присутній у кожному елементі всієї ієрархії системи, оскільки завдяки ньому відбувається взаємозв'язок усіх пристроїв системи в єдине ціле. Цей рівень відокремлюється від загального комплексу ПЗ завдяки наявності в системі низки специфічних протоколів передачі команд та даних, а отже, і їх алгоритмів проміжної обробки та формування пакетів даних за правилами, встановленими протоколом. Потік запитів від підсистем направлений за ієрархією зверху вниз, але основний потік даних про процес керування та стан системи — від підлеглих до вищих. Таким чином, робота протоколів системи будується на базі запитів та команд, що надходять від верхніх рівнів, і масивів даних від нижніх рівнів, які надсилаються у відповідь на запити. Рівень транзакції має безпосередній доступ до системного ПЗ, що керує уніфікованими інтерфейсами застосованими в системі, на базі яких відбувається обмін даними.

Системне ПЗ має доступ безпосередньо до апаратних ресурсів мікроконтролерів та мікропроцесорів підсистем і фактично є набором драйверів пристроїв підсистем всіх рівнів, тобто являє собою комплекс програмного забезпечення низького рівня. Основна задача, покладена на системне ПЗ, — формування послідовності сигналів керування згідно з командами, що надходять від ПЗ вищих рівнів, та даними, отриманими за допомогою протоколів передачі. Сигнали керування сформовані системним ПЗ, з'являються безпосередньо на портах вводу-виводу або на сигнальних лініях інтерфейсів системи.

Програмне забезпечення центральної мікропроцесорної системи (ЦМПС) забезпечує реалізацію алгоритму керування на базі даних, отриманих від підсистем виміру електродинамічних параметрів розряду, та керуючих даних, отриманих від оператора, керування підсистемами оператором у ручному режимі та збір інформації про технологічний процес від підсистем польового рівня. Структура ПЗ ЦМПС додатково має підтримку елементів керування та виводу інформації для реалізації можливості роботи системи в автономному



Рис. 2. Алгоритм роботи програмне забезпечення центральної мікропроцесорної системи керування електророзрядної технології очищення виливків

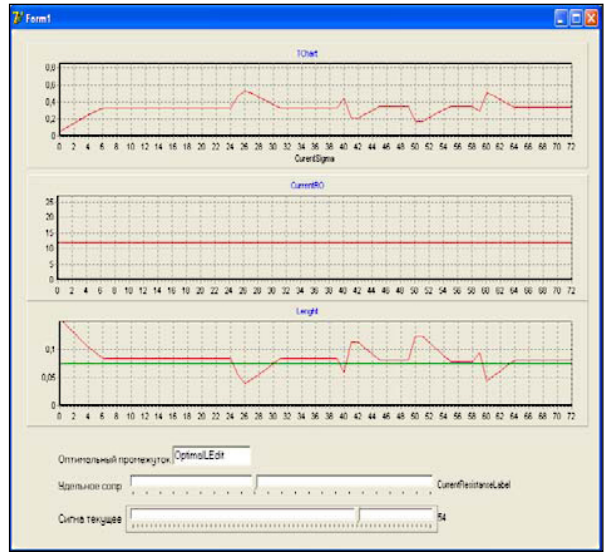
режимі. Оскільки центральна процесорна система є ланкою, що поєднує систему керування верхнього рівня (АРМ оператора) та підсистеми нижнього рівня, то її алгоритм включає у себе велику кількість умовних операторів. Приклад алгоритму роботи ПЗ для електророзрядної технології очищення виливків наведено на рис. 2. Програмне забезпечення ЦМПС реалізовано на базі мікроконтролера загального призначення з ядром ARM7 AT91-SAM7X256, що має в своєму складі уніфіковані інтерфейси, які відповідають інтерфейсам диспетчерського рівня. Воно розроблено на алгоритмічній мові C, спеціалізованій для цього типу контролерів за допомогою компілятора WinARM (вільно розповсюджуваний). Були розроблені бібліотеки низькорівневого доступу до пристроїв мікроконтролера та бібліотеки протоколів обміну інформацією.

Програмне забезпечення диспетчерського рівня реалізовано на апаратній платформі персональних Intel-сумісних та програмній платформі Windows-XP. Розроблено алгоритми моніторингу і диспетчерського керування режимами роботи САР. Програмне забезпечення розроблено на мові високого рівня Delphi7 з використанням API-функцій Windows, багатопотоковості та DLL-бібліотек. Перелік функцій підсистеми диспетчерського рівня включає в себе: зміну/введення початкових даних, вибір режимів роботи; завантаження даних до системи регулювання режиму розряду та запуск системи в роботу; моніторинг параметрів керування.

Створений апаратно-програмний комплекс, загальний вигляд якого наведено на рис.3, а, використовується для моделювання реальних режимів роботи та тестування мікропроцесорних систем керування електророзрядними технологіями. Результати моделювання роботи мікропроцесорної системи керування режимом електророзрядного очищення виливків на основі використання розроблених алгоритмів і математичних моделей відображено в головному вікні АРМ оператора апаратно-програмного комплексу (див. рис. 3, б). Вони підтверджують адекватність роботи системи, так, при зміні інформаційної координати система реагує зміною та стабілізацією розрядного проміжку (нижня залежність, червона крива)



а



б

Рис. 3. Апаратно-програмний комплекс моделювання режимів роботи мікропроцесорної системи керування електророзрядними технологіями: а — загальний вигляд; б — результати моделювання роботи мікропроцесорної системи керування

на рівні величини оптимального розрядного проміжку (нижня залежність, зелена лінія) з точністю, що не перевищує зону нечутливості трипозиційного регулятора.

ВИСНОВКИ.

На основі побудованих математичних моделей розроблених програмних засобів та проектних рішень створено апаратно-про-

грамний комплекс моделювання режимів роботи мікропроцесорної системи керування електророзрядними технологіями. Проведені дослідження мікропроцесорних систем керування підтвердили адекватність створених моделей та програмних алгоритмів. Використання комплексу при проектуванні та тестуванні забезпечить надійність роботи систем керування при експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Блінцов В.С., Козирев С.С. Адаптивна система керування електровибуховим перетворенням енергії в умовах невизначеності параметрів середовища та збурюючих впливів // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — X., 2007. — № 2/3 (26). — С. 28-32.
- [2] Козырев С.С. Адаптивная система управления электроимпульсной установкой с использованием нечеткого регулятора // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Тематический выпуск «Техника и электрофизика высоких напряжений». — X., 2006. — № 37. — С. 92–100.
- [3] Козирев С.С. Методика синтезу засобами fuzzy-апроксимації інверсної моделі електровибухового перетворення енергії в умовах невизначеності // Зб. наук. праць Донецького національного техн. ун-ту. Серія «Електротехніка і енергетика». — Донецьк, 2008. — Вип. 8 (140), — С. 78–81.
- [4] Управление электрогидроимпульсными процессами / И.Т. Вовк, В.Б. Друмирецкий, Е.В. Кривицкий, Л.Е. Овчинникова — Киев: Наук. думка, 1984. — 186 с.