

ІНТЕРНЕТ-НАЛАГОДЖЕННЯ КОМУНІКАЦІЙНО- КОМУТАЦІЙНИХ МОДУЛІВ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

У статті приведено методику, алгоритм та елементи практичної реалізації дистанційного налагодження комунікаційно-комутаційних модулів систем керування швидкістю електропривода з залученням інтернет-технологій.

The methodology, algorithm and elements of practical implementation of remote adjustment of communications and electric drive speed control systems switching modules with the involvement of Internet technologies have been described in the article.

1. ВСТУП. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Відомо, що сучасні автоматизовані системи управління є складними, ієрархічно розподіленими комплексами, до складу яких входять різноманітні пристрої вводу/виводу, контролери, що керують виконанням операцій, блоки візуалізації та ін. У такій системі всі компоненти певним чином пов'язуються. Для цього на різних рівнях системи використовують різноманітні інтерфейси обміну інформацією та промислові мережі. До нижнього рівня системи, тобто мікроконтролерів, які безпосередньо відповідають за управління технологічними процесами, висуваються високі вимоги щодо надійності функціонування.

Технологічний процес повинен протікати неперервно, бути чітко детермінованим у часі, а тому необхідно гарантувати роботу усіх компонентів системи у режимі «жорсткого» реального часу. Це є однією з найбільш важливих умов здійснення передачі інформації. Крім детермінованості, до контролерних мереж обміну даними ставлять також інші, не менш важливі, вимоги щодо надійності (завадостійкість, здатність виявляти помилки, котрі можуть виникати при передачі, та виправляти їх та ін.), швидкісних параметрів (швидкість передачі, гарантований час доставки), фізичних характеристик (топология, максимальна довжина фізичної лінії, допустима кількість вузлів).

Розвиток цифрової техніки дав можливість будувати цифрові системи керування, які останнім часом активно застосовуються в усіх сферах виробництва, і не тільки. Високий рівень інтеграції напівпровідникових елементів, які використовуються при виробництві технічних засобів, дозволив

¹ Українська академія друкарства

створювати цифрові пристрої та системи керування з надзвичайно широким діапазоном функціональних можливостей. Так, наприклад, якщо розглянути частотні перетворювачі, які застосовують для керування двигунами змінного струму, то на практиці широкий спектр закладених в них можливостей не використовується. А як відомо, розширення функціональних можливостей того чи іншого пристрою вимагає відповідних апаратних і програмних ресурсів, що у свою чергу призводить до збільшення їх вартості та зниження надійності.

Революційний розвиток інформаційних технологій останніх років тісно пов'язаний з розвитком глобальних і локальних мереж. Така ситуація створила передумови для суттєвої зміни апаратної структури систем керування, оскільки додаткові функції, при потребі, можна винести за межі даного пристрою і забезпечити їх засобами комп'ютерної техніки, яка широко розповсюджена. Маємо на увазі ту частину частотного перетворювача, яка безпосередньо зв'язана з електродвигуном і виконує функцію комутації його обмоток з джерелом живлення за тим чи іншим законом керування. Алгоритм цього закону керування можна передати через спеціально введений комунікаційний контролер. Таким чином виокремили так званий комунікаційно-комутаційний модуль. Для організації роботи такого модуля необхідно створити контролерну мережу обміну даними. Проектування таких мереж, забезпечення їх базперейного функціонування є актуальною проблемою, оскільки на даний час немає (або ще не реалізовані) єдиних стандартів протоколів високого рівня обміну даними для найбільш поширених інтерфейсів.

2. ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА СИСТЕМИ

Пропонується функціональна схема системи інтернет-налагодження комунікаційно-комутаційних модулів, яка наведена на рис. 1.

Спеціалізоване програмне забезпечення, встановлене на персональному комп'ютері (ПК), дозволяє завантажувати дані (параметри) з сайту розробника та передавати їх у комунікаційно-комутаційний модуль. Далі наведено один з можливих варіантів алгоритмів роботи програми. Якщо потрібно автоматично завантажити параметри моделі для модуля, то програма перш за все перевіряє, чи присутній з ним зв'язок. Після введення користувачем маркування, вона робить пошук актуальних параметрів у власній базі даних. Якщо вони відсутні, то програма зв'язується з відповідним веб-вузлом та завантажує їх. Після цього ці параметри передаються до модуля, який їх зберігає у енергонезалежну пам'ять EEPROM контролера. За бажанням користувача програма може ініціювати передачу статистичних даних від модуля (кількість аварійних ситуацій, перевищень допустимих рівнів напруг (струмів) у ланці постійного струму, дані про останній технічний огляд

системи, час неперервної роботи тощо). Також можливим є забезпечення зчитування поточних параметрів модуля.

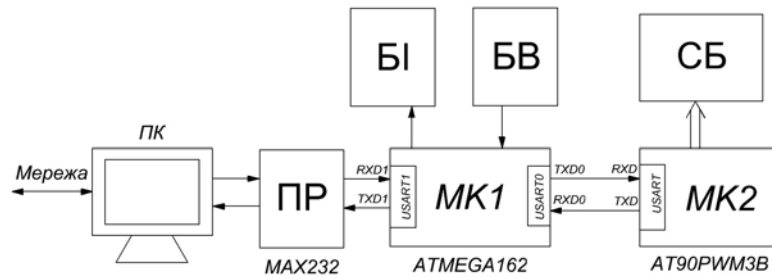


Рис. 1. Функціональна схема системи інтернет-налагодження комунікаційно-комутаційних модулів

Обмін даними між ПК та мікроконтролером може здійснюватися через інтерфейси RS-232, CAN (Controller Area Network) та ін. Основні принципи реалізації обміну інформацією між ПК і мікроконтролерами через інтерфейс RS-232 викладені у роботі [1]. Перевагами RS-232 є відносна простота реалізації, висока завадостійкість, низька собівартість. Одним із основних недоліків є низька максимальна довжина фізичної лінії (до 20м). Натомість CAN є більш пристосованим для використання у промислових системах автоматизації. Зокрема він володіє дуже високою завадостійкістю (на рівні RS-485), допустимою протяжністю фізичних ліній зв'язку (до 1000м), вдало продуманою системою арбітражу.

Питання щодо реалізації CAN-інтерфейсу для обміну даними висвітлені у [2] та на спеціалізованому веб-ресурсі міжнародної організації CAN in Automation, яка займається розвитком та підтримкою протоколів верхнього рівня мережі CAN. Існують готові протоколи, розроблені для CAN, які можна вільно використовувати (CAN Open, CAN Kingdoom). Їх використання є бажаним з огляду на те, що до шини CAN можна підключити до 127 інших пристроїв і доцільно залишити можливість розширення шляхом підключення додаткових модулів, що підтримують єдиний протокол передачі даних. Це дозволяє уникнути конфліктів при її здійсненні. Тобто підключення/відключення додаткових пристроїв не впливатиме на роботу мережі CAN загалом.

Рівень розвитку сучасної електроніки дає можливість ефективно реалізувати інтерфейс RS-232 для комунікації ПК і контролера на основі мікросхеми MAX232, що виконує функцію перетворювача рівнів сигналів (як відомо для СОМ-порта ПК характерними є рівні сигналів: «1» - -12В та «0» - +12В). Як протокол обміну можна використати Modbus. Інтерфейс CAN є

складнішим для реалізації. Необхідний додатковий контролер з апаратною підтримкою інтерфейсів UART і CAN, уже згаданий MAX232 (для спряження з COM) або FT232 (для спряження з USB). Фірма виробник FT232 також надає безкоштовно драйвер USB пристрою). Крім того, існують готові модулі для підключення ПК до CAN-мережі з прийнятною ринковою ціною.

Складовими частинами комунікаційно-комутаційного модуля є два мікроконтролери. Перший з них, через один з описаних вище інтерфейсів, бере участь у обміні даними з ПК, керує блоками введення даних та візуалізації, зберігає отримані параметри налаштувань та передає їх другому контролеру. Послідовний обмін інформацією між двома контролерами може здійснюватися синхронно або асинхронно. Для синхронної передачі використовують інтерфейси SPI (Serial Peripheral Interface) та I²C (Inter-Integrated Circuit), а для асинхронної – USART (Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter). Для організації передачі даних між двома мікроконтролерами модуля було обрано USART. Причиною такого вибору стала відсутність I²C інтерфейсу та уже використані виводи SPI в одному з них (AT90PWM3B). Основи організації обміну даними по інтерфейсу USART описані у [3] та [4].

3. РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ДЛЯ ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ОБМІНУ ДАНИХ

Кожен із двох контролерів уже виконує власні операції (ATMEGA162 виводить інформацію на LCD-екран, зчитує стан кнопок клавіатури та виконує відповідні процедури, якщо кнопки натиснені; AT90PWM3B генерує 6 ШІМ сигналів для управління силовим модулем, слідкує за станом Fault-входу). Тому передачу потрібно було організувати таким чином, щоб не перешкодити виконанню цих операцій. Додатковим обмеженням було також те, що обмін даними мав відбуватися якомога швидше. Це пов'язано з тим, що кожні 0,25 мс AT90PWM3B виконує обчислення, а очікування завершення надто тривалої передачі може викликати невиконання останніх з них. Крім того, завдання та налаштування, котрі пересилаються, мають розмірність 16 біт, тоді як USART дозволяє пересилати за раз лише по 1 байту. Тому, щоб здійснити передачу завдання, потрібно «розбити» 2-байтне число на дві частини, здійснити два послідовних пересилання (спочатку старший байт, а потім молодший), а після отримання їх знов сполучити.

Із врахуванням вище наведених обмежень, були розроблені два алгоритми передачі даних контролерами та внесені відповідні доповнення до програм управління контролерами (мова програмування – C, середовище програмування – IAR Embedded Workbench). На рис. 2 показано алгоритм роботи програми контролера ATMEGA162. Блоки 2-4 демонструють стадії ініціалізації USART, що відбувається лише раз після запуску контролера.

Швидкість передачі залежить від частоти, на якій працює сам контролер, логічного стану біта подвоєння швидкості асинхронної передачі U2X у регістрі контролю і стану та значення, записаного у регістрі UBRR. Після встановлення необхідної швидкості (0,5 МБіт/с) програмно вмикаються передавач та приймач блока USART та задається формат, у якому буде пересилатись інформація. Можливі різні варіанти, та найкращий для подальшої обробки та найчастіше використовується 8-бітний формат даних з двома стоп-бітами та без біта контролю парності. Налаштування формату «кадру» повинно бути однаковим для обох контролерів. В іншому випадку, при спробі здійснити передачу, в регістрі контролю і стану встановиться біт FE (Frame Error) – біт помилки формату «кадру».

Надсилання інформації про завдання відбувається циклічно і розпочинається з очікування готовності буфера передавача до запису нових даних. Далі передається байт 0x01 і контролер зациклоується аж до моменту отримання від AT90PWM3B відповіді 0x02 (готовність зчитування завдання швидкості). Почергово пересилаються два байти, які записуються у двобайтну змінну. Після проходження кола циклу передача повторюється.

Алгоритм здійснення передачі даних контролером AT90PWM3B тут не приводиться, тому що існує лише декілька відмінностей. Зокрема програма не зациклоується, якщо у буфері приймача USART немає 0x01, а продовжує виконуватися. Розроблений алгоритм є універсальним. На його основі можна реалізувати пересилання також до 255 інших налаштувань з чітким їх подальшим розподіленням.

Були проведені експериментальні дослідження щодо правильності здійснення процесу пересилання даних. При цьому застосовувався логічний аналізатор цифрових сигналів LOGIC-U з підтримкою функції аналізу протоколів та спеціалізоване програмне середовище USBee Suit. На рис. 3 зображено його робоче вікно з зафіксованими сигналами ліній передачі даних інтерфейсу USART (TX і RX). Одразу над ними знаходиться поле розшифрування «кадрів», здійснене з допомогою аналізатора протоколів.

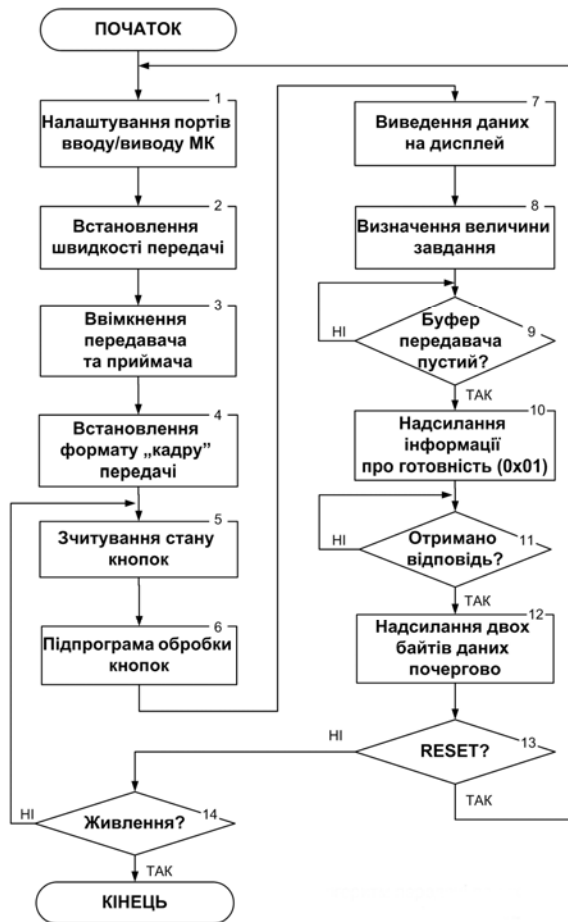


Рис. 2. Алгоритм роботи програми контролера ATMEGA162

Щоб розшифрування відбулося правильно, необхідно вказати швидкість, з якою передаються дані (в даному випадку 0,5 МБіт/с). Як видно з поля розшифрування, спочатку пересилається байт 0x01, через деякий час одержується відповідь 0x02 від AT90PWM3B, і одразу відбувається передача двох байтів завдання 0x20 та 0x00, що відповідає коду 8192 та швидкості 1500 об/хв.

За допомогою логічного аналізатора зафіксовано циклічність, з якою відбувається передача завдання (TX і RX) та ШІМ-сигнали, які генерує кон-

трлер AT90PWM3B (Digital0 – Digital5), що відповідають йому (рис. 4). Виміри показали, що частота ШІМ-сигналів складає 15,915 кГц.

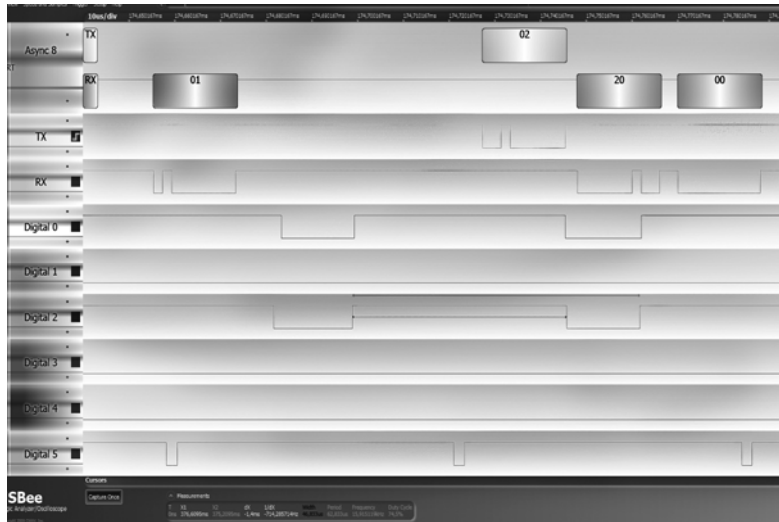
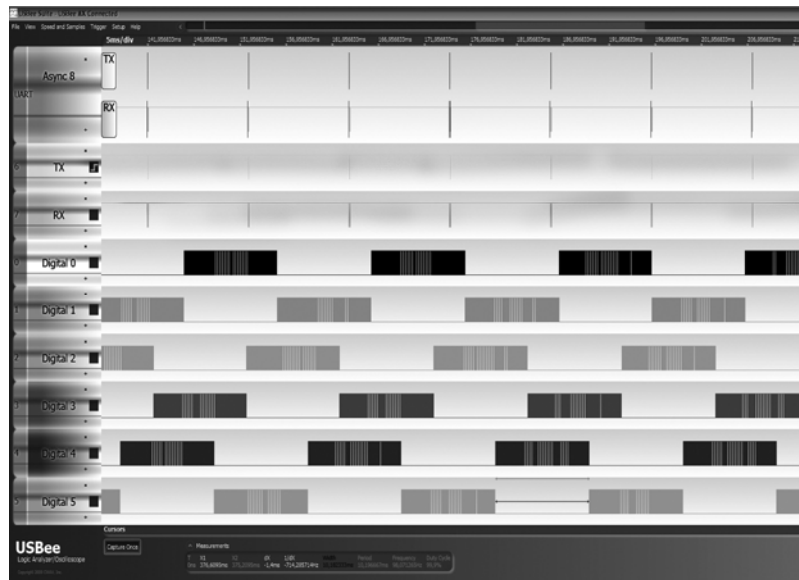


Рис. 3. Робоче вікно з зафіксованими сигналами ліній передачі даних інтерфейсу USART



4. ВИСНОВКИ

1. Розроблено систему, яка реалізує інтернет-налагодження комунікаційно-комутаційного модуля системи керування швидкістю електроприво-да.

2. Розроблені два алгоритми передачі даних контролерами та внесені відповідні доповнення до програм управління ними. Складені на основі алгоритмів програми дають можливість крім передачі завдання реалізувати пересилання до 255 інших параметрів налаштування комунікаційно-комутаційного модуля та команд з чітким їх подальшим розподіленням.

3. Здійснено експериментальне дослідження процесу передачі даних за допомогою логічного аналізатора цифрових сигналів LOGIC-U та підтверджено достовірність відтворення сигналів завдання.

4. Зв'язок комунікаційно-комутаційного модуля з ПК організовано таким чином, щоб він, крім пересилання завдання та параметрів налаштувань, забезпечував реєстрацію помилок і аварійних ситуацій, аналіз яких дозволяє виявити причини та усунути несправності у найкоротші терміни. Ці дані можуть відсилатися фірмі-виробнику обладнання для внесення відповідних змін у конструкцію пристрою чи програмне забезпечення для унеможливлення виникнення повторних помилок.

5. Запропонована система інтернет-налагодження дає можливість здійснювати пакетне завантаження усіх параметрів двигуна з бази даних, розміщеної на комп'ютері або ж у мережі Internet на сайті розробника. При цьому відпадає необхідність їх послідовного введення вручну за допомогою клавіатури. Це, у свою чергу, скорочує час, який необхідний для налагодження до роботи та усуває можливість некоректної роботи, спричиненої неправильним введенням параметрів.

1. Кузьминов А.Ю. *Интерфейс RS232. Связь между компьютером и микроконтроллером.* – М.: Радио и связь, 2004. – 168 с. 2. Иди Ф. *Сетевой и межсетевой обмен данными с микроконтроллерами.* – М.: Издательский дом «Додэка XXI», 2007. – 376 с. 3. Dhananjay V.Gadre. *Programming and Costomizing the AVR Microcontroller.* – McGraw-Hill, 2001. – 265 с. 4. Richard Barnett, Larry O'Cull, Sarah Cox. *Embedded C Programming and the Atmel AVR,* – Thomson Delmar Learning, 2007. – 312 с. 5. Парк Д., Маккей С., Райт Э. *Передача данных в системах контроля и управления.* – М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. – 480 с. 6. Ан П. *Сопряжение ПК с внешними устройствами.* – М. ДМК Пресс, 2001. – 320 с. 7. Азуров П. *Последовательные интерфейсы ПК. Практика программирования.* – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 496 с.