

Tomasz **MAKOWSKI**
Tomasz **PLATEK**

LABORATORYJNE STANOWISKO BADAWCZO - WDROŻENIOWE

Streszczenie. W artykule przedstawiono stanowisko laboratoryjne zbudowane na sterowniku DIGSY COMPACT F i przeznaczone do: testowania przetworników wykorzystujących magistralę CAN do przesyłu danych, testowania zaprojektowanych sieci CAN w warunkach laboratoryjnych, tworzenia i weryfikacji oprogramowania sterownika w warunkach laboratoryjnych. Artykuł zawiera także opis charakterystycznych cech sterowników PLC.

Stanowisko może być również wykorzystywane do praktycznego zaznajomienia użytkowników z obsługą magistrali CAN oraz sterowników programowalnych.

Projekt stanowiska wykonano w ramach pracy dyplomowej na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej.

Słowa kluczowe: magistrala CAN, protokół CANopen, sterownik swobodnie programowalny, testowanie urządzeń mechatronicznych.

1. WPROWADZENIE

W projektowanych współcześnie urządzeniach największym wyzwaniem stawianym projektantom jest ich niezawodność i łatwość (intuicyjność) obsługi. Aby spełnić takie wymagania, potrzebne jest zebranie szeregu informacji dotyczących stanu urządzenia, odpowiednie ich przetworzenie i wyświetlenie w przystępnej formie dla osób obsługujących. W celu osiągnięcia takich wymagań jak wymienione powyżej bardzo dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie w projektach magistrali CAN. Standardy przesyłu danych pomiędzy urządzeniami przesyłającymi dane z wykorzystaniem magistrali CAN opisują normy międzynarodowe. Jedną z nich jest protokół CANopen.

CAN (Controller Area Network) został zdefiniowany w latach 80. przez firmę Robert Bosch GmbH. Podstawą standaryzacji komunikacji danych jest siedmiowarstwowy model ISO/OSI. Na rysunku 1 został przedstawiony model ISO/OSI dla protokołu CAN.



Rys. 1. Model ISO/OSI dla protokołu CAN

W protokole CAN FAST [3] wymiana danych odbywa się szeregowo na pojedynczej parze skrętniej z dopasowaniem falowym realizowanym poprzez terminację skrętki. Ramka komunikatu CAN posiada identyfikator nadawcy, lecz brak jest pola adresu odbiorcy wiadomości. Każde urządzenie CAN może więc śledzić cały ruch na magistrali i decydować, czy wiadomość jest dla niego interesująca, czy też nie. Każdy komunikat jest identyfikowany przez bity w ramce arbitrażu, które również określają priorytet wiadomości. Najwyższy priorytet ma ramka o najmniejszej wartości w polu arbitrażu.

Ramka protokołu CANOpen została przedstawiona na rysunku 2, pole arbitrażu zawiera różną ilość bitów w zależności czy jest to ramka w wersji podstawowej (2.0A), czy rozszerzonej (2.0B).

SOF	ARBITRATION	CONTROL	DATA	CRC	ACK	EOF
1	12/32	6	0-64	16	2	7

Rys. 2. Ramka protokołu CANOpen

Objaśnienie pól ramki:

- SOF – początek ramki,
- Arbitration – pole arbitrażu zawiera w sobie identyfikator,
- Control – pole kontrolne zawierające informację o strukturze ramki danych,
- Data – pole danych,
- CRC – pole sumy kontrolnej, zabezpieczające transmitowane dane przed błędami,
- ACK – pole potwierdzenia poprawności odebranych danych,
- EOF – koniec ramki.

Najważniejszą cechą magistrali CAN jest odporność na błędy. Urządzenia charakteryzują się:

- zmniejszoną podatnością elektromagnetyczną (EMS) dzięki zastosowaniu różnicowej transmisji bitów, tak że suma napięć na przewodach (lub różnica zmian napięć) jest zawsze stała,
- zwiększoną odpornością na wyładowania elektrostatyczne,
- odpowiednio dużym tłumieniem sygnału współbieżnego (CMR),
- brakiem wprowadzania przez urządzenia zakłóceń w przypadku włączenia do działającej sieci, niezależnie od tego, czy są zasilane czy nie,
- możliwość zastosowania trzeciego przewodu (lub ekranu) w celu likwidacji zakłóceń zewnętrznych.

Ponadto ramki CAN cechują się:

- posiadaniem sumy kontrolnej CRC-15. Według matematycznych obliczeń jeden przekłamany bit może zostać nie wykryty raz na 1000 lat ciągłej pracy magistrali (prawdopodobieństwo niewykrycia wynosi 10^{-11}),
- na magistrali pojawiają się sygnały tylko z jednego węzła sieci (po arbitrażu); on sam powinien „słyszeć” swoje sygnały; niezgodność świadczy o błędnej transmisji,
- każde 5 kolejnych bitów o jednakowej wartości jest poprzedzone bitem komplementarnym (oprócz pola EOF); jeżeli sterownik odbiera więcej niż 5 bitów o jednakowej wartości, to jest to traktowane jako błąd,
- odbiornik sprzętowo realizuje kontrolę sumy,
- brak nadpisania bitu przerwy ACK jest traktowane przez nadajnik jako brak odbioru komunikatu przez inne węzły magistrali,
- kontrola stanu niektórych pól w ramce, które mają określoną wartość (ogranicznik CRC, ogranicznik ACK, pole EOF – bity recesywne).

2. CECHY CHARAKTERYSTYCZNE STEROWNIKÓW PLC

Sterowniki PLC (Sterownik swobodnie programowalny - ang. Programmable Logic Controller) wprowadzono do użycia w układach sterowania i regulacji w celu zastąpienia jednym urządzeniem sztywno połączonych układów setek lub więcej przełączników w szafach sterowniczych.

Najistotniejszą cechą charakterystyczną PLC jest możliwość programowania w językach wyższego rzędu (IEC1131). Umożliwia to konfigurowanie odpowiednich wejść/wyjść sterownika PLC w zależności od potrzeb danego projektu, dając inżynierom dużą swobodę projektową. Do konfigurowanych układów zaliczamy: układy wejściowe, układy wyjściowe, liczniki, makra (podprogramy), timery i rejestry. Natomiast niekonieczna jest w tym przypadku znajomość rzeczywistej architektury sterownika.

Drugą cechą sterowników programowalnych jest cykliczny obieg pamięci programu. Po starcie i inicjalizacji, sterownik przechodzi do podstawowego cyklu pracy. Cykl ten rozpoczyna się od odczytu wejść. Instrukcje programu wykonywane są w naturalnej kolejności aż do instrukcji kończącej program. Po instrukcji kończącej sterownik przechodzi do kolejnej fazy cyklu, a wyjścia z pamięci wewnętrznej zostają przepisane do bufora wyjść

fizycznych i są podtrzymane w tym stanie przez kolejny cykl pracy sterownika. Istnieje możliwość dzielenia programu na segmenty i dowolną konfigurację kolejności ich wykonania w powiązaniu z operacjami, do których został zaadaptowany sterownik.

Trzecią cechą wyróżniającą sterowniki PLC jest standaryzacja języków programowania, zgodnie z zaleceniami normy IEC 1131[2], przedstawiona poniżej:

- schemat drabinkowy LD (ang. Ladder Diagram),
- lista instrukcji IL (ang. Instruction List),
- schemat bloków funkcyjnych FBD (ang. Function Block Diagram),
- tekst strukturalny ST (ang. Structured Text),
- graf sekwencji SFC (ang. Sequential Function Chart).

W projektowanym stanowisku został użyty sterownik programowalny Digsy Compact F firmy Intercontrol, pokazany na rysunku 3. Wyposażony jest on w wejścia i wyjścia cyfrowe oraz analogowe, interfejs magistrali CAN, interfejs RS232. Szybkość działania sterownika, czyli czas cyklu wynosi $\sim 5\text{ms}$ (czas cyklu uzależniony jest od złożoności programu), co pozwala na sterowanie w czasie rzeczywistym urządzeniami peryferyjnymi.



Rys. 3. Sterownik programowalny Digsy Compact F [1]

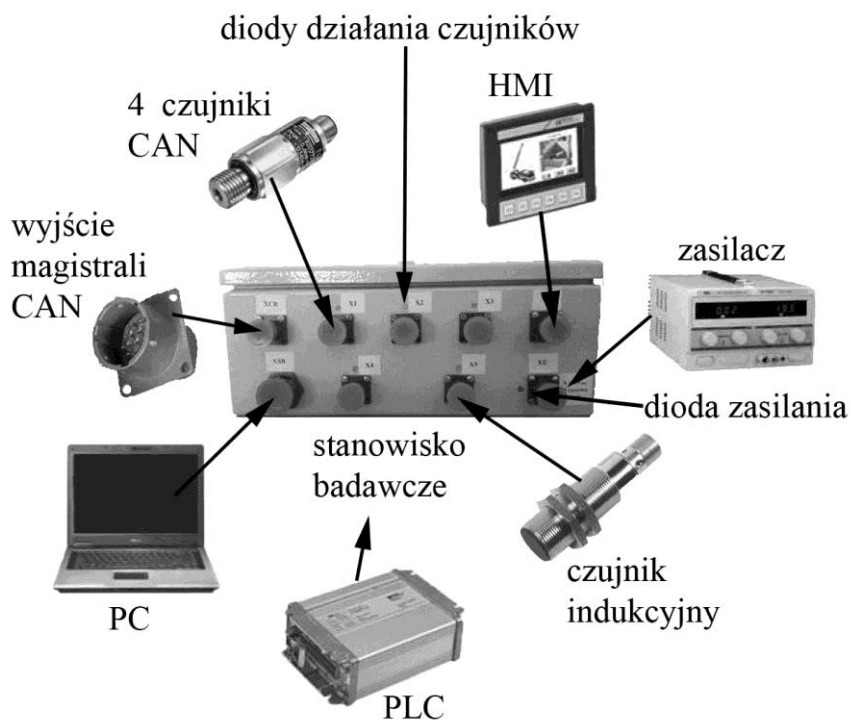
3. KONCEPCJA LABORATORYJNEGO STANOWISKA BADAWCZO - WDROŻENIOWEGO:

Załoženiami projektu było opracowanie i wykonanie stanowiska do kontroli i testowania czujników pomiarowych pracujących z wykorzystaniem zarówno magistrali CAN, jak i czujników analogowych[5]. Wykonane stanowisko przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Stanowisko laboratoryjne

Stanowisko badawcze oparte jest o sterownik programowany (PLC) firmy Intercontrol, który zarządza całym systemem. Komunikacja pomiędzy sterownikiem, a urządzeniami peryferyjnymi bazuje na magistrali CAN, sygnałach dwustanowych oraz wejściach i wyjściach analogowych 0-20mA. Koncepcja stanowiska w sposób graficzny została przedstawiona na rysunku 5.



Rys. 5. Przykładowa konfiguracja stanowiska laboratoryjnego

Stanowisko badawcze, przedstawione na rysunku 5 posiada strukturę pozwalającą na swobodną konfigurację testowanych elementów w zależności od potrzeb danego projektu. W skład stanowiska wchodzi następujące elementy:

- obudowa stanowiska (obudowa zawiera złącza umożliwiające podłączenie zewnętrznych zespołów układu sterowania),
- zasilacz (zasilanie ze źródła o napięciu $8...32V_{DC}$ (zalecane $24V_{DC}$)),
- dioda sygnalizująca obecność zasilania (zasilenie układu jest sygnalizowane zapaleniem się czerwonej diody),
- przetwornik CAN (podłączany zgodnie z badanym układem sterowania),
- czujnik indukcyjny (podłączany zgodnie z badanym układem sterowania),
- dioda działania przetwornika CAN (żółta dioda nad złączem czujnika, sygnalizująca odbiór danych pomiarowych z czujnika),
- PLC (oprogramowany sterownik logiczny PLC, umieszczony wewnątrz stanowiska),
- HMI (dołączany panel operatorski pozwala na obserwacje aktywności czujników, a po wybraniu konkretnego czujnika na ekranie pojawia się przesyłana wartość pomiarowa oraz adres, na którym przekazywane są widoczne dane),
- PC (możliwość podpięcia komputera, który umożliwia przeprogramowanie sterownika programowalnego i sprawdzenie jego działania w czasie rzeczywistym),
- wyjście magistrali CAN (złącze wyprowadzające magistralę CAN umożliwia łatwiejszą rozbudowę stanowiska),
- bazowe oprogramowanie (wersja DEMO) dla sterownika PLC,
- wiązki przewodów umożliwiające podłączenie urządzeń do stanowiska oraz dowolną jego konfigurację.

Ponadto stanowisko do kontroli i testowania czujników pomiarowych umożliwia sprawdzenie wyświetlacza panelu operatorskiego HMI firmy Intercontrol. Umożliwia to testowanie oprogramowania wyświetlacza pod kątem obsługi danych z magistrali i wizualizacji ich za pomocą różnego rodzaju wskaźników, barometrów, liczników, itp. Zarówno do sterownika, jak i wyświetlacza HMI dostarczona jest bazowa wersja oprogramowania, którą użytkownik może w dowolny sposób konfigurować.

4. WNIOSKI

Zaprojektowane stanowisko badawczo - wdrożeniowe można zastosować:

- w celach edukacyjnych dla studentów (uczniów), którzy dzięki niemu będą mogli poznać i przećwiczyć podstawy wymiany danych w oparciu o magistralę CAN,
- w pracach projektowych; projektanci urządzeń w których zastosowano magistralę CAN w warunkach laboratoryjnych będą mogli przetestować projekt swojej sieci CAN przy niewielkim nakładzie finansowym,
- w zakładach produkcyjnych, gdzie przed montażem urządzeń CAN na wyrobie należy sprawdzić je pod kątem poprawności działania.

Taki tok postępowania podczas projektowania, umożliwia uniknięcie już we wstępnej fazie projektu, błędów i kosztów związanych z ewentualnymi poprawkami, natomiast podczas montażu w zakładach produkcyjnych umożliwia wykonanie stanowisk testowych pozwalających na redukcję kosztów związanych z wymianą lub regulacją przetworników na kompletnym wyrobie.

Istotną cechą zaprojektowanego stanowiska jest mobilność urządzenia, a niewielkie wymiary gabarytowe pozwalają na pracę bez konieczności posiadania przystosowanej do tych celów infrastruktury laboratoryjnej.

5. LITERATURA

- [1] Inter Control Hermann Köhler Elektrik GmbH & Co. KG, Firmowe materiały katalogowe, Nürnberg, Germany 2012 r.
- [2] Stefan Johansson, Martin Öhman, Prototype implementation of the PLC standard IEC 1131-3, Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology, December 1997 r.
- [3] CANopen protocols, <http://www.can-cia.org/>, kwiecień 2012 r.
- [4] CANopen Application Layer and Communication Profile, CAN in Automation e. V., Nuremberg, Germany 2002 r.
- [5] Makowski T., Projekt i wykonanie przemysłowego stanowiska do testowania urządzeń z interfejsem CAN. Politechnika Śląska Wydział Elektryczny, Gliwice 2012 r. (dyplomowa praca inżynierska).

RESEARCH and IMPLEMENTATION LABORATORY EQUIPMENT

Abstract. The paper presents a laboratory stand with a DIGSY COMPACT F controller designed for testing sensors that use CANbus for data transmission, testing CANbus networks under laboratory conditions, creating and verifying controller software under laboratory conditions. The paper also describes the features of PLCs.

The stand may also be used to familiarise with the operation of CANbus and programmable controllers.

The design of the stand was made as part of a thesis at the Electrical Faculty of the Silesian University of Technology.

Keywords: CANbus, CANopen protocol, freely programmable controller, testing of mechatronic equipment.