

Rafał **GOLICKI**Wojciech **ULATOWSKI**

WYKORZYSTANIE MAGISTRALI CAN W SYSTEMACH AUTOMATYCZNEGO ROZRZĄDU WAGONÓW

Streszczenie: W artykule przedstawiono sposoby wykorzystania magistrali CAN w systemie sterowania i kontroli w strefie podziałowej górki rozrządowej – TENSAR oraz w systemie regulacji prędkości odpręgów w torach kierunkowych – SARPO. Opisano rozwiązania opracowane w przeszłości oraz stosowane obecnie. Ponadto przedstawiony został moduł koncentratora KOCAN, będącego swoistym interfejsem pomiędzy ośmioma magistralami CAN i siecią Ethernet.

Słowa kluczowe: magistrala CAN, systemy TENSAR i SAPRO, sieć Ethernet.

1. WPROWADZENIE

Od wielu lat jesteśmy świadkami systematycznego spadku udziału kolei w rynku przewozów towarowych. Niezbędną wydaje się więc modernizacja infrastruktury kolejowej tak, aby transport kolejowy mógł skutecznie konkurować z innymi formami, przede wszystkim z transportem drogowym.

Transport kolejowy może być realizowany w zwartych składach pociągowych albo też w składach pociągowych złożonych z wagonów pojedynczych lub grup wagonów o różnych miejscach przeznaczenia. W drugim z wymienionych systemów istnieje konieczność korzystania ze stacji rozrządowej lub manewrowej, na której następuje sortowanie pojedynczych wagonów lub grup wagonów (odpręgów) na odpowiednie tory relacyjne, według jednakowego miejsca przeznaczenia. Zasadniczym elementem decydującym o wydajności stacji i jej „wąskim gardłem” jest właśnie część przeznaczona do sortowania wagonów – górka rozrządowa.

Urządzenia automatycznego sterowania rozrządzaniem (asr) zapewniają bezpieczeństwo i sprawność ruchu kolejowego na górcie rozrządowej zarówno w trakcie prac rozrządowych, jak i manewrowych. Racjonalnie dobrane urządzenia asr, poprzez regulację czasu rozrządu składu (szybkości poruszania się odpręgów i czasu ich następstwa) oraz stopnia wypełnienia wagonami torów kierunkowych, zapewniają skuteczną realizację potrzeb wydajnościowych przy zachowaniu bezpieczeństwa. Dobór i stan techniczny urządzeń asr wpływa na efektywność ekonomiczną procesu rozrządzania.

2. SYSTEMY ASR FIRMY TENS

Firma TENS oferuje dwa systemy asr przeznaczone do pracy na górkach rozrządowych. Pierwszy z nich – TENSAR – zapewnia automatyczny rozrząd w strefie podziałowej oraz integruje wszystkie podsystemy asr związane z regulacją prędkości odpręgów na górze rozrządowej. Drugi system – SARPO – przeznaczony jest do regulacji prędkości odpręgów w torach kierunkowych i zapewnia dojazd odpręgów do celu z wymaganą bezpieczną prędkością, minimalizując ryzyka niedotarcia odpręgu do celu.

3. DROGA DO AKTUALNEGO ROZWIĄZANIA

3.1. Identyfikator odpręgów

Magistrala CAN została po raz pierwszy wykorzystana przez firmę TENS przy instalacji identyfikatora odpręgów na szczycie góry rozrządowej w Łazach. Zastosowany tam identyfikator składa się z 4 czujników obecności koła COK oraz 2 czujników nacisku koła CNK. Czujniki te podłączone są do sterownika obiektowego wyposażonego w interfejs CAN. Magistrala CAN łączy sterownik obiektowy ze sterownikiem głównym – komputerem PC (Rys. 1). W komputerze zainstalowana jest karta CAN firmy IXXAT posiadająca dwa interfejsy (wykorzystywany jest tylko jeden – drugi stanowi rezerwę). Magistralę pomiędzy komputerem PC a sterownikiem obiektowym stanowi 200 m skrętka Ethernet (STP CAT5E). Dane przesyłane są z szybkością 125 kb/s.



Rys. 1. Połączenie sterownika głównego ze sterownikiem obiektowym

Działanie aplikacji ogranicza się do rejestrowania odległości między osiami oraz nacisków osi, rozpoznawania odpręgów, a także sygnalizowania przekroczenia prędkości napychania składu na szczycie góry. Aplikacja nie steruje procesem rozrządu.

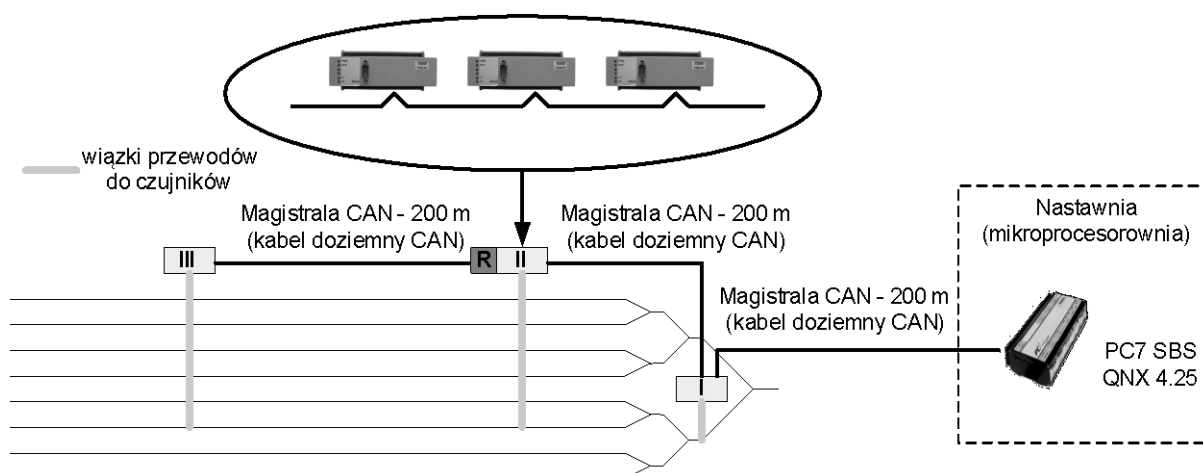
3.2. Prototyp systemu SARPO

Prototyp systemu SARPO został zabudowany na górze rozrządowej w Poznaniu Franowie. System ten pracował na torze kierunkowym numer 213. Masterem magistrali CAN był komputer przemysłowy PC6/PC7 wyposażony w interfejs CAN na magistrali PC104,

który pełnił rolę sterownika głównego. Oprócz sterownika głównego zabudowanego w mikroprocesorowni (nastawnia) na magistrali CAN znajdowało się 10 sterowników obiektowych umieszczonych w 3 szafach przytorowych, odpowiednio od sterownika głównego: 1 + 4 + 5 (Rys. 2). Długość całej magistrali CAN wynosiła 600 m i została podzielona na 3 odcinki:

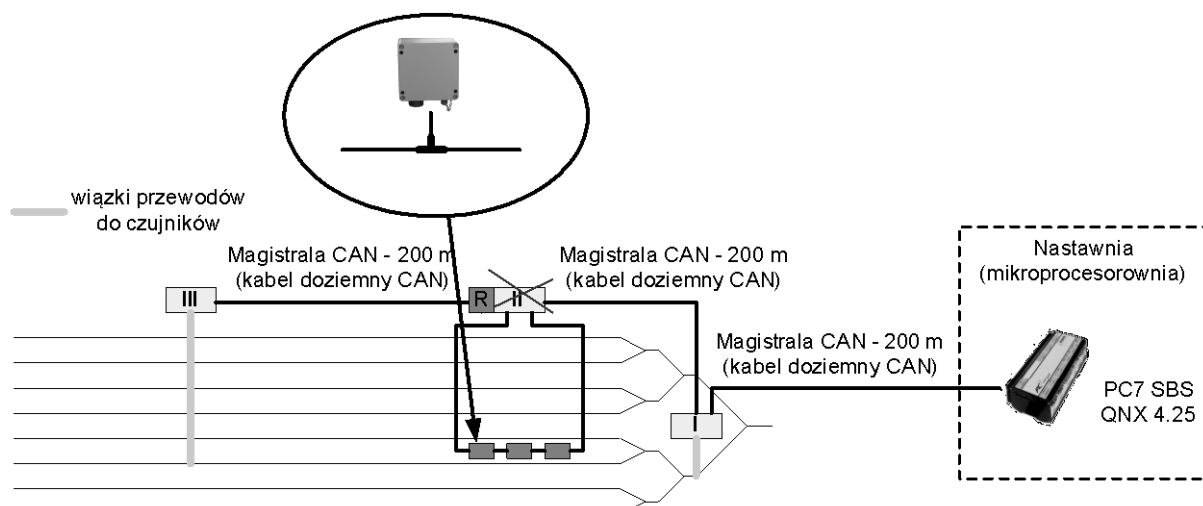
1. między mikroprocesorownią i szafą I (długość 200 m),
2. między szafą I i szafą II (długość 200 m),
3. między szafą II i szafą III (długość 200 m).

Połączenia pomiędzy sterownikami wewnątrz każdej z szaf również tworzyły magistrale. Nie stosowano trójników, a przewód magistrali po przecięciu był podłączany do zacisków złącza sterownika. Długość magistrali CAN powodowała problemy komunikacyjne ze sterownikami umieszczonymi w szafie III. Problem został rozwiązany poprzez podzielenie magistrali przy pomocy repeatera, który został umieszczony w szafie II, za sterownikami. Ze względu na długość magistrali szybkość transmisji została obniżona do 50 kb/s.



Rys. 2. Prototyp systemu SARPO – wykonanie 1

Po pewnym czasie eksploatacji strefa I systemu SARPO została przebudowana. Celem tej modernizacji było umieszczenie wszystkich sterowników obiektowych w skrzynkach instalowanych na podkładach, co miało wyeliminować ryzyko zalania przez wodę (skrzynki koncentrujące przewody z czujników znajdowały się w studzienkach, które były zalewane przez wodę) oraz umożliwiło prowadzenie wszystkich przewodów (zasilanie elektryczne, zasilanie pneumatyczne, magistrala CAN) wzdłuż toru. Odłączone zostały sterowniki obiektowe w szafie II. Magistrala została rozłączona i poprowadzona w torowisku, łącząc sterowniki obiektowe umieszczone w skrzynkach torowych zainstalowanych pomiędzy tokami szynowymi (Rys. 3).



Rys. 3. Prototyp systemu SARPO – wykonanie 2

Badania eksploatacyjne systemu SARPO wykazały, że magistrala CAN dobrze spełnia swoje zadania. Po przebudowie w strefie I została ograniczona długość przewodów sygnałowych. Prowadziły one do najbliższej skrzynki znajdującej się pomiędzy szynami, a nie w szafie w międztorzu.

Największymi wadami opisywanego rozwiązania były: konieczność stosowania repeatera oraz niejednorodność magistrali (długie odcinki przewodów pomiędzy szafami, a w tych ostatnich skupiska sterowników, które były wpięte wprost do magistrali bez użycia trójników). Ponadto, konieczne było zakopywanie przewodów pomiędzy szafami (co w terenie kolejowym nie jest łatwe), a także prowadzenie wielożyłowych przewodów sygnałowych do czujników i sekcji hamulców w ziemi.

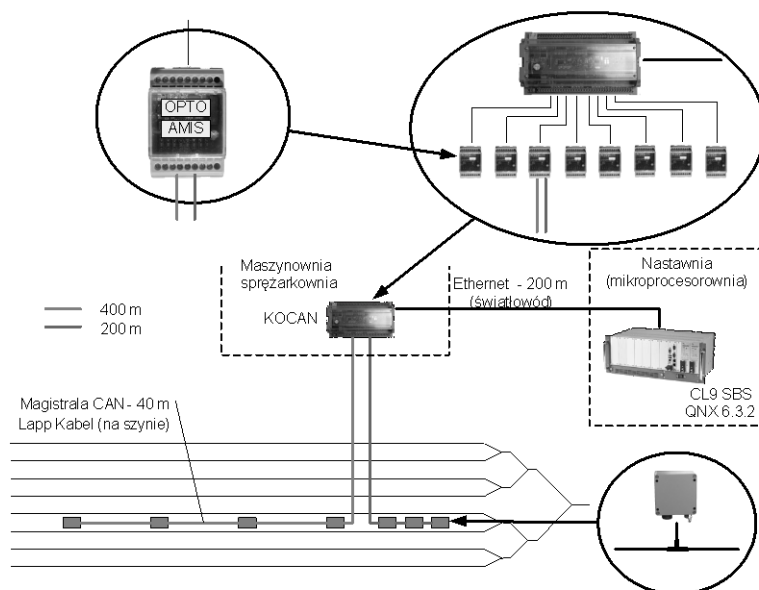
4. STOSOWANE ROZWIĄZANIA

4.1. Strefa torów kierunkowych (SARPO)

Konieczność rozbudowy systemu SARPO tak, aby jeden sterownik główny mógł obsługiwać jednocześnie osiem torów kierunkowych narzuciła dalsze prace badawcze dwóch potencjalnych rozwiązań. Pierwszym z nich było zastosowanie w sterowniku głównym 8 kart CAN. Drugim zaś zastosowanie elementu pośredniczącego, który by koncentrował 8 magistral CAN w jedną, mającą co najmniej 8-krotnie większą przepustowość. Docelowo wybrano rozwiązanie drugie.

Sterownik główny, który pracuje pod systemem operacyjnym QNX 6.3.2, komunikuje się poprzez Ethernet z koncentratorem CAN – KOCAN. Moduł KOCAN wyposażony jest w osiem magistral po jednej na każdy tor kierunkowy, z których każda podzielona jest na 2 części (Rys. 4). Kable magistrali CAN prowadzone są wzdłuż torów od skrzynki do skrzynki.

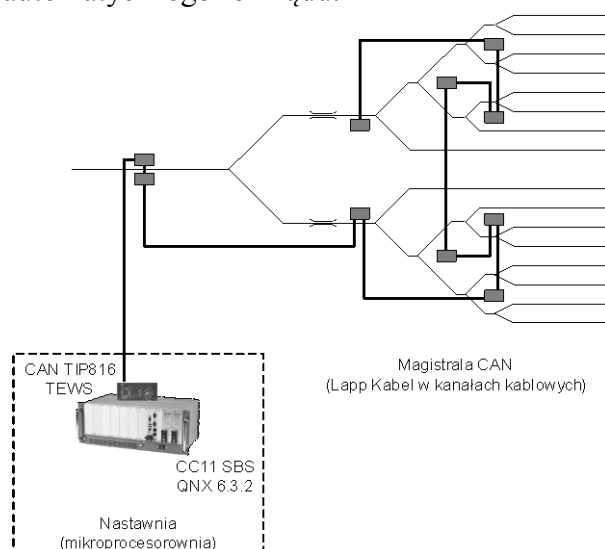
Uszkodzenie jednej magistrali powoduje zatrzymanie rozrządu tylko na jednym torze kierunkowym.



Rys. 4. System SARPO – strefa torów kierunkowych

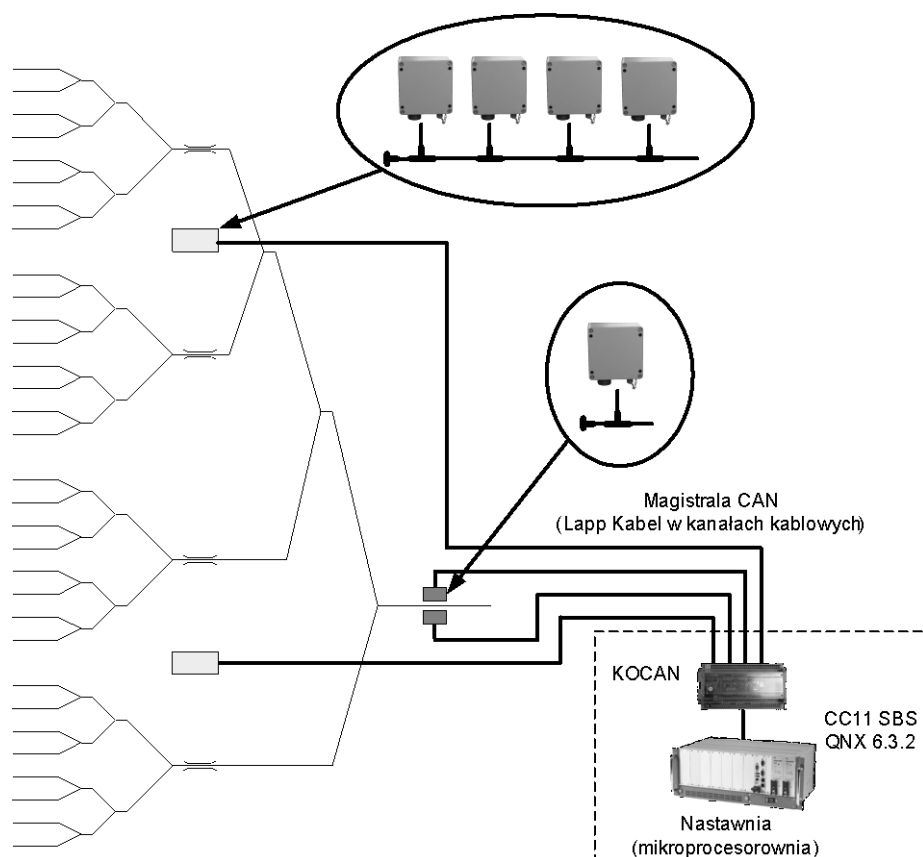
4.2. Strefa podziałowa (TENSAR)

Ze względu na uwarunkowania występujące w strefie podziałowej firma TENS stosuje w systemie TENSAR dwa różne schematy połączeń sterowników obiektowych magistralą CAN. Pierwszy z nich bazuje na karcie CAN (cPCI TEWS TIP816 wyposażonej w kontroler Intel 82527) wpiętej w magistralę cPCI sterownika głównego (Rys. 5). W rozwiązaniu tym komunikacja ze sterownikami obiektowymi odbywa się jedną magistralą CAN prowadzoną od sterownika do sterownika w kanałach kablowych. Uszkodzenie magistrali powoduje całkowite zatrzymanie automatycznego rozrządu.



Rys. 5. System TENSAR – jedna karta CAN w sterowniku głównym

Drugim rozwiązaniem jest wykorzystanie w systemie TENSAR koncentratora KOCAN (Rys. 6). Sterownik główny komunikuje się poprzez Ethernet z koncentratorem KOCAN, na którego wyjściu znajduje się do ośmiu magistral CAN. Dwie z nich prowadzone są do dwóch niezależnych identyfikatorów odpręgów zainstalowanych na szczycie góry. Pozostałe sześć magistral prowadzonych jest do szaf w strefie podziałowej, w których znajdują się sterowniki obiektowe sterujące lub kontrolujące urządzenia (zwrotnice, hamulce odstępowe itp.) w danej części strefy podziałowej. Uszkodzenie jednej magistrali prowadzącej do szaf w strefie podziałowej powoduje zatrzymanie automatycznego rozrządu maksymalnie na połowie góry, a uszkodzenie jednej magistrali prowadzącej na szczyt góry nie ogranicza rozrządu automatycznego.

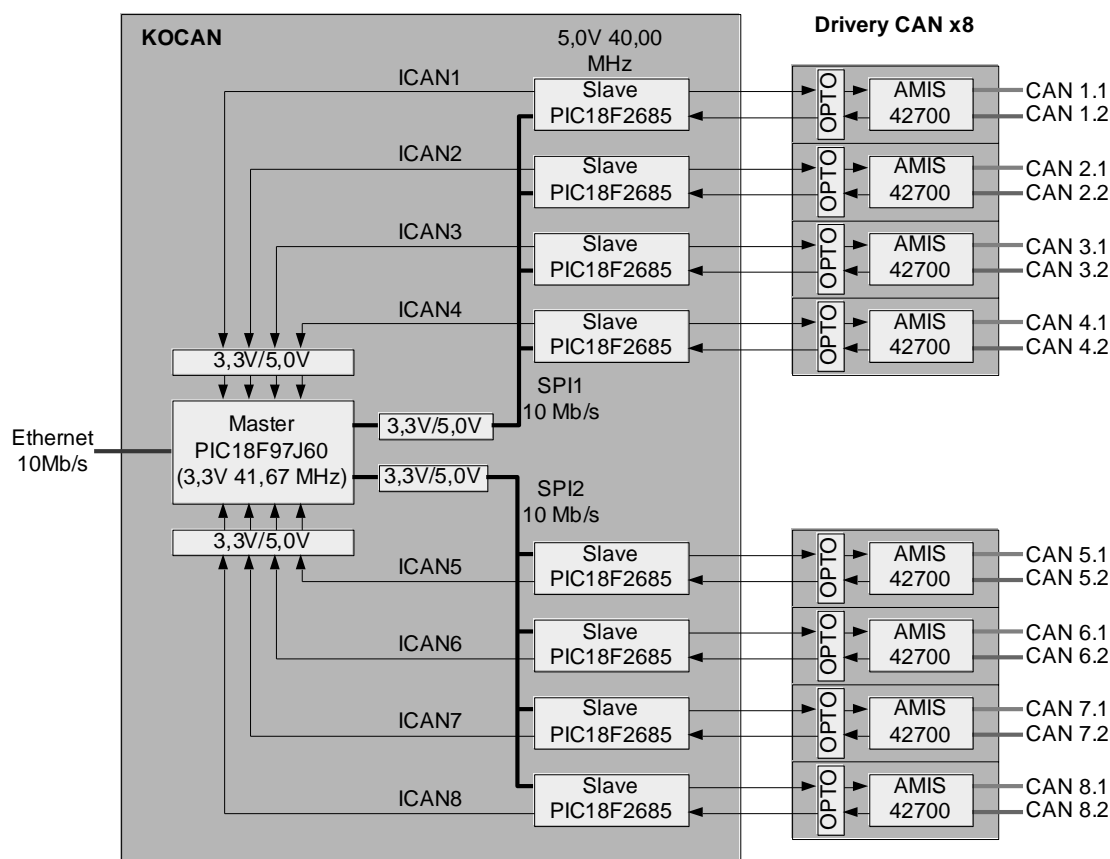


Rys. 6. System TENSAR – koncentrator KOCAN

4.3. Budowa i funkcjonalność modułu KOCAN

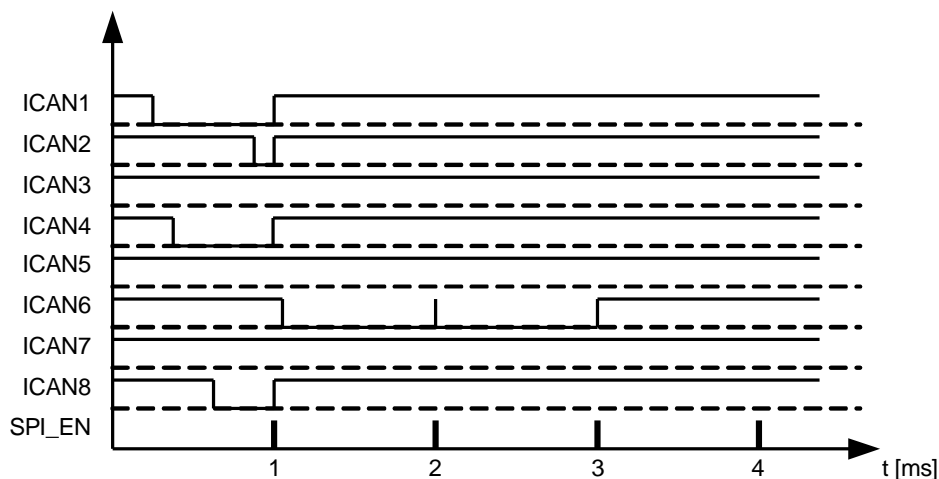
KOCAN (Koncentrator CAN) został zaprojektowany do stosowania w systemie SARPO. Miał on zapewniać komunikację między 8 magistralami CAN (8 torów kierunkowych – 1 wiązka) a Sterownikiem Głównym Torów Kierunkowych. Docelowo jest on również stosowany w systemie TENSAR. Wymiana informacji pomiędzy modułem KOCAN a Sterownikiem Głównym odbywa się poprzez sieć Ethernet. Dane przesyłane są w postaci surowych ramek Ethernet.

Na poniższym rysunku (Rys. 7) przedstawiono schemat blokowy modułu KOCAN.



Rys. 7. Schemat blokowy modułu KOCAN

Moduł ten wyposażony jest w 9 mikrokontrolerów firmy Microchip: jeden pełniący rolę mastera (PIC18F97J60) i 8 będących slave'ami (PIC18F2685). Master komunikuje się ze slave'ami poprzez 2 magistrale SPI. Wymiana informacji między nimi odbywa się synchronicznie co 1 ms. Zastosowanie dwóch magistral pozwoliło na zrównoleglenie komunikacji i jej dwukrotne przyspieszenie. Dzięki temu przy szybkości przesyłania danych do 50 kb/s nie ma potrzeby buforowania odebranych danych w masterze. Każdy slave wyposażony jest w dwie szesnastopozycyjne kolejki na telegramy CAN – wejściową i wyjściową. Slave po odebraniu telegramu z magistrali CAN zgłasza ten fakt do mastera poprzez wystawienie stanu niskiego na linii ICANx (Rys. 8).



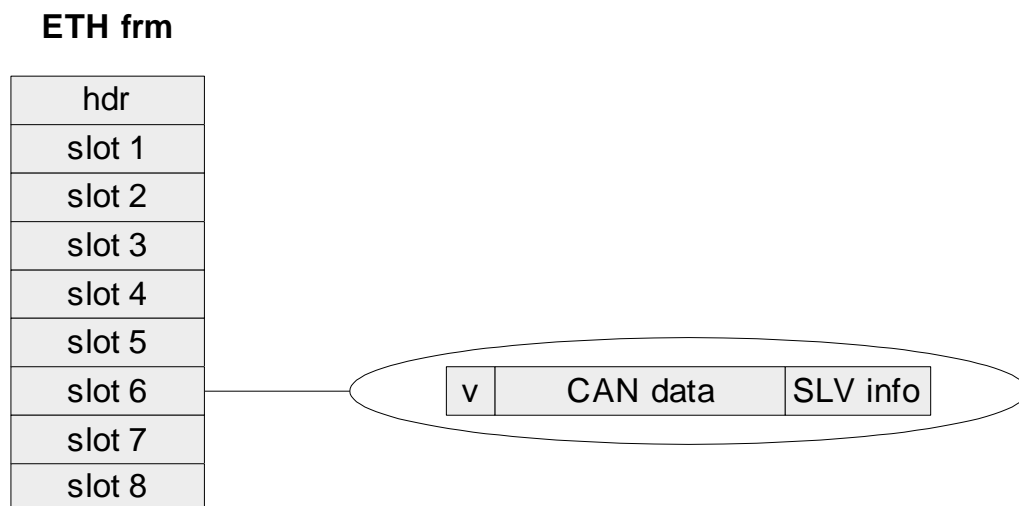
Rys. 8. Schemat blokowy modułu KOCAN

Dopóki aktualny telegram nie zostanie przez mastera skonsumowany, kolejny będzie umieszczony w kolejce. Master co 1 ms sprawdza, czy jakikolwiek slave zgłasza odebranie telegramu CAN. Jeżeli tak, to odpytuje poprzez magistrale SPI slave'y, które ten fakt zgłosiły, przyjmując po jednym telegramie od każdego zgłaszającego slave'a. Po odebraniu telegramów tworzy z nich ramkę i wysyła poprzez Ethernet. Slave po wysłaniu telegramu do mastera wystawia stan wysoki na linii ICANx. Jeżeli w kolejce znajduje się następny telegram – ponownie ustawia stan niski na linii ICANx.

Komunikacja od mastera do slave'ów odbywa się podobnie. Po odebraniu danych poprzez Ethernet master wysyła je do odpowiedniego slave'a. Procesy wysyłania danych do slave'a i odbierania ich od niego są zsynchronizowane i nie zachodzi ryzyko kolizji. Oprócz telegramów CAN między masterem a slave'ami przesyłane są informacje statystyczne.

Poza modułem KOCAN znajduje się 8 driverów zapewniających izolację galwaniczną oraz dopasowanie sygnałów do poziomów akceptowanych przez magistralę CAN. Zastosowane drivery AMIS 42700 umożliwiają podział magistrali na 2 części i ich elektryczne odseparowanie.

Między Sterownikiem Głównym a modułem KOCAN dane przesyłane są w blokach składających się z telegramów, po jednym dla każdej z ośmiu magistral. Ramka Ethernet zawierająca telegramy CAN oprócz nagłówka, gdzie podana jest informacja o typie przesyłanych danych, zawiera również 8 slotów, w których znajdują się telegramy. Każdy slot przypisany jest do konkretnego kanału CAN (slave'a). Slot zawiera informację o ważności zawartych w nim danych. W przypadku, gdy slot zawiera dane dla danego kanału CAN, wartość pola równa jest 1, a jeżeli slot jest pusty - wartość pola jest równa 0. Dzięki takiemu rozwiązaniu ograniczony został ruch w interfejsie Ethernet. Ponadto, do Sterownika Głównego w polu „SLV info” przekazywane są dodatkowe informacje o stanie kolejki odbiorczej w slave'ach, co ułatwia diagnozowanie problemów komunikacyjnych. Struktura ramki pokazana jest na poniższym rysunku (Rys. 9).



Rys. 9. Struktura ramki Ethernetowej

5. PODSUMOWANIE

W systemie automatycznego sterowania rozrządem, w skład którego wchodzi podsystemy SARPO i TENSAR, niezawodność oraz bezpieczeństwo muszą być na wymaganych, bardzo wysokich poziomach. Komunikacja pomiędzy elementami systemu może być - i niestety często jest - słabym punktem wpływającym na dyspozycyjność całego systemu. Magistrala CAN, dzięki wbudowanym mechanizmom, takim jak wykrywanie kolizji czy automatyczna retransmisja danych, dobrze nadaje się do systemów krytycznych, ze względu na niezawodność w przesyłaniu informacji i bezpieczeństwo funkcjonalne.

6. LITERATURA

- [1] Materiały informacyjne firmy Tens Sp. z o.o., www.tens.pl.
- [2] TG3-1100-042 - Dokumentacja techniczno-ruchowa – Zintegrowany system sterowania i kontroli TENSAR.
- [3] TG3-1800-042 - Dokumentacja techniczno-ruchowa – System automatycznej regulacji prędkości odpręgów SARPO.

APPLICATION OF CAN BUS IN AUTOMATIC WAGGONS SWITCHING SYSTEM

Abstract: The paper presents methods of CAN bus application in control and inspection system in TENSAR hump track lead as well as in system of speed control of set of shunting waggons in marshalling tracks – SARPO. Solutions developed in past and applied in present days were described. Moreover, KOCAN concentrator module was presented that constitutes a peculiar interface between eight CAN buses and Ethernet network.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Tadeusz SKUBIS - Politechnika Śląska, Gliwice