

Bogusław **BORUCKI**
Jan **GOSKA**
Paweł **STAŃDO**

ZASTOSOWANIE SIECI CAN W POJAZDACH SZYNOWYCH NA PRZYKŁADZIE TACHOGRAFU O ROZPROSZONEJ BUDOWIE MODUŁOWEJ

Streszczenie: Współczesne pojazdy szynowe wyposażone są dużą liczbę urządzeń pomiarowych i sterujących, rozproszonych w całej konstrukcji. Tachograf, którego zadaniem jest rejestracja sygnałów z różnych urządzeń mających wpływ na bezpieczeństwo jazdy, musi mieć zapewniony przepływ informacji z wielu punktów pojazdu szynowego. Zastosowanie magistrali CAN upraszcza budowę okablowania i ułatwia zwiększenie liczby rejestrowanych sygnałów. W artykule opisano budowę tachografu o budowie modułowej z wykorzystaniem magistrali CAN i przeprowadzono porównanie z budową tradycyjną.

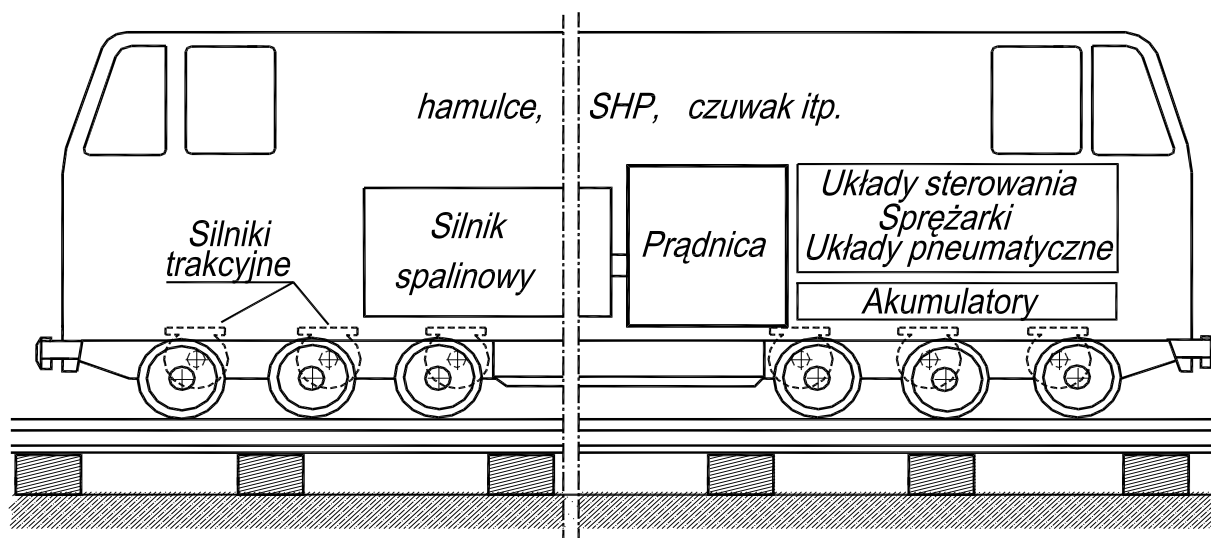
1. WSTĘP

W pojazdach szynowych od lat 20. ubiegłego wieku stosowane są urządzenia rejestrujące podstawowe parametry ruchu: prędkość, drogę i czas - tachografy. Później zaczęto rejestrować sygnały dwustanowe opisujące podstawowe działania maszynisty - uruchomienie układu hamulcowego, reakcję na sygnał czuwaka, reakcję na sygnał SHP (samoczynnego hamowania pociągu). We współcześnie budowanych lub modernizowanych pojazdach szynowych, wyposażonych w rozbudowane układy sterowania, istnieje potrzeba rejestracji dużej liczby sygnałów analogowych i dwustanowych oprócz podstawowych. Sygnały te ilustrują parametry pracy ważnych z punktu widzenia bezpieczeństwa urządzeń [1]. Istotnym zagadnieniem staje się zebranie tych sygnałów pochodzących z poszczególnych urządzeń i mechanizmów, rozmieszczonych w różnych miejscach pojazdu, oddalonych od siebie często o kilkadziesiąt metrów. Zastosowanie magistrali CAN bardzo ułatwia realizację tego zadania. Pozwala na konstrukcję tachografu o budowie rozproszonej. Taka budowa, oprócz uproszczenia okablowania, pozwala na poprawę niezawodności całego tachografu, a zwłaszcza jego najbardziej odpowiedzialnych zespołów: jednostki centralnej, pamięci zapisującej przebieg jazdy, które mogą być umieszczone w miejscach najmniej narażonych na uszkodzenie w przypadku kolizji, pożaru itp.

2. WARUNKI PRACY TACHOGRAFU W POJAZDACH SZYNOWYCH

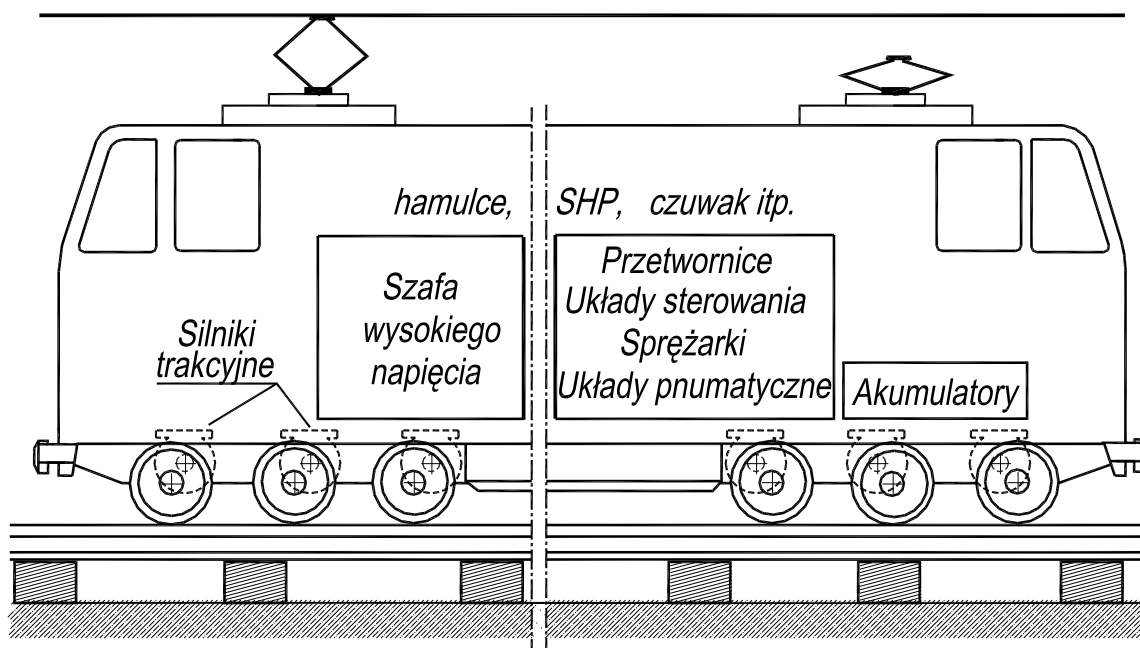
Współczesne pojazdy szynowe mają wiele urządzeń realizujących różne funkcje mające wpływ na bezpieczeństwo, ekonomikę, komfort jazdy i pracę maszynisty. Pomiędzy poszczególnymi zespołami wykonawczymi i sterującymi mogą występować znaczne odległości, rzędu dziesięciu do pięćdziesięciu m, w zespołach trakcyjnych złożonych z wielu członów (zestaw lokomotyw, jednostki elektryczne wielocłonowe). Na rys. 1 przedstawiono ilustrację budowy lokomotywy z napędem spalinowym. Lokomotywy spalinowe dużej mocy z reguły mają napęd z przełożeniem elektrycznym. Silnik spalinowy napędza prądnicę. Energia elektryczna z prądnicy zasila silniki elektryczne napędzające poszczególne osie pojazdu. Takie rozwiązanie wynika z dużej elastyczności i łatwości sterowania momentem napędowym silników elektrycznych. Moc silnika lokomotyw jest rzędu 2 MW, prąd roboczy do 6000A przy

napięciu ok. 500V. Silnik napędowy, wysokoprężny jest źródłem stałych silnych drgań, jakie przenoszą się na całą konstrukcję pojazdu. Niezależnie od tego występują drgania wstrząsy i udary wynikające z ruchu pojazdu. Wysokie wartości prądu, zasilającego wcześniej silniki komutatorowe, a obecnie coraz częściej silniki indukcyjne poprzez falowniki, są źródłem silnych zakłóceń radioelektrycznych.



Rys. 1. Schemat poglądowy lokomotywy spalinowej

Takie rozwiązanie napędu lokomotywy pociąga za sobą konieczność sterowania i kontrolowania pracy poszczególnych zespołów pojazdu przez rozbudowane układy sterujące. Ważne z punktu widzenia bezpieczeństwa i diagnostyki sygnały (np. temperatura i obciążenie silników) powinny być rejestrowane w tachografie. Oprócz układu napędowego występują rozbudowane układy bezpieczeństwa: układ SHP, układ czuwaka, który wymaga od maszynisty okresowej, świadomej reakcji i inne. Elementy tego systemu obejmującego sprężarki, tablice pneumatyczne i elementy wykonawcze, rozmieszczone są w różnych miejscach pojazdu. W pojazdach zasilanych z sieci elektrycznych występują podobne narażenia, z wyjątkiem drgań generowanych przez silnik spalinowy. Dodatkowo pojawiają się silne zakłócenia elektromagnetyczne wynikające ze współpracy pantografu z przewodem zasilającym. Wysokie napięcie zasilające (3000 V; DC) powoduje łatwość powstawania łuku elektrycznego przy przełączeniach obwodów elektrycznych. Charakteryzując pojazd szynowy jako środowisko pracy dla urządzeń elektronicznych, należy podkreślić, że występują znaczne narażenia mechaniczne, drgania dochodzące do 10g, udary, silne zakłócenie elektromagnetyczne oraz duży zakres i duża zmienność temperatur. W przypadku tachografu, który zbiera informacje z zespołów pojazdu rozmieszczonych w różnych miejscach, doprowadzenie sygnałów wiąże się z rozbudową okablowania. Oprócz tego, że wiąże się to z kosztem ułożenia dużej liczby przewodów w trudnym środowisku, pogarsza to odporność systemu na zakłócenia elektromagnetyczne. Jeżeli sygnały są przesyłane w postaci nieprzetworzonej z czujników obiektowych, które służą jednocześnie do realizacji procesów sterowania, to zakłócenie może wnikać nie tylko do obwodów tachografu i zakłócić proces rejestracji, ale także do obwodów sterowania i zakłócić pracę systemów sterujących. Dlatego poszukiwano innego rozwiązania, które umożliwiłoby obniżenie kosztów i uproszczenie okablowania - skrócenie połączeń sygnałów obiektowych i zwiększenie przejrzystości instalacji.

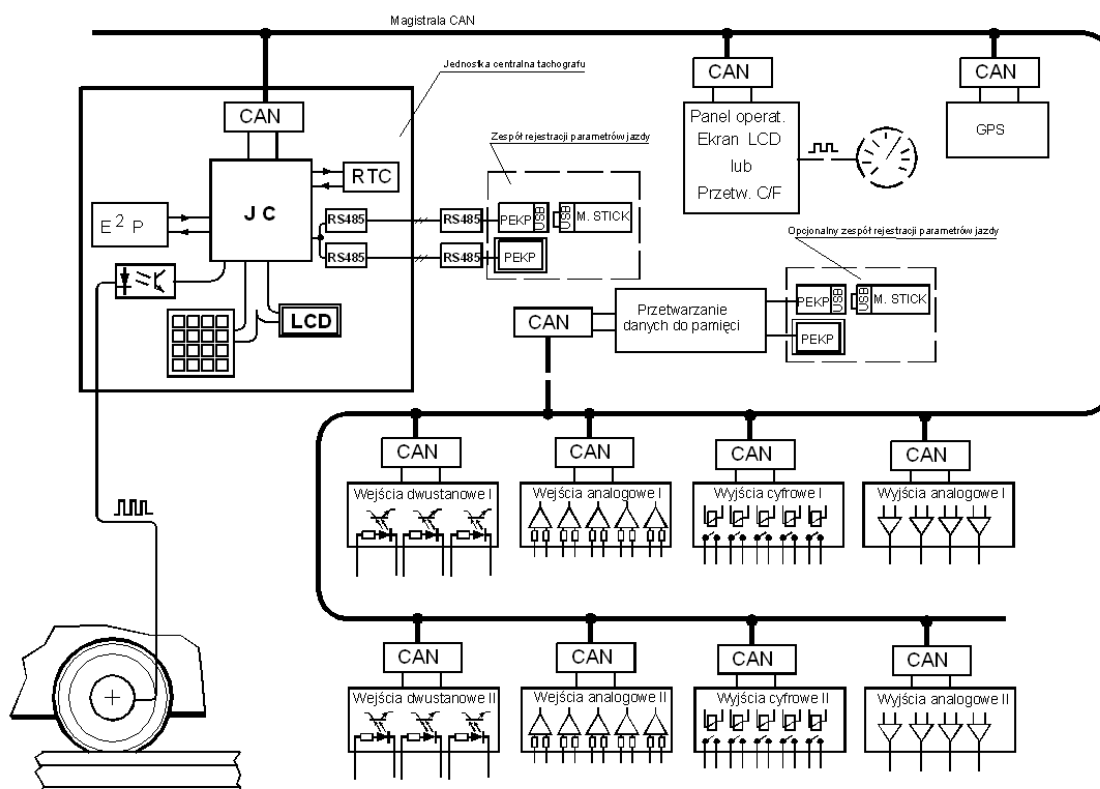


Rys. 2. Schemat poglądowy lokomotywy elektrycznej

3. ROZWIĄZANIE TACHOGRAFU Z ZASTOSOWANIEM MAGISTRALI CAN

Jak wspomniano tachograf pojazdu szynowego rejestruje ważne dla oceny bezpieczeństwa, ekonomiki i komfortu jazdy działania maszynisty oraz stan i parametry pracy różnych urządzeń zainstalowanych w pojeździe [3]. Podstawowe informacje to prędkość pojazdu i droga w funkcji czasu. Ponadto rejestrowane są sygnały dwustanowe: działanie hamulców, SHP, czuwak, otwarcie drzwi i inne, w sumie $16 \div 32$ sygnałów, oraz sygnały analogowe np. ciśnienie w układzie hamowania, temperatura silnika (silników), stan akumulatorów, ilość paliwa, pobór prądu z sieci i inne, razem $8 \div 16$ sygnałów. Ważne jest zachowanie zebranych informacji w przypadku kolizji, pożaru itp. Opracowywane są wymagania, wg których informacje zebrane w czasie jazdy powinny być dostępne po oddziaływaniu na element rejestratora (przechowujący te dane), temperatury powyżej 700 w ciągu 5 minut, nacisku 20 kN w trzech osiach i uderów 100g. Realizowane przez tachograf funkcje, zwiększenie liczby sygnałów i warunki pracy tachografu w pojeździe szynowym, skłoniły konstruktorów urządzenia do przyjęcia koncepcji budowy rozproszonej, w odróżnieniu od wcześniej opracowanego i dotychczas produkowanego w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów tachografu T-130P [3], który miał budowę zwartą i wszystkie sygnały obiektowe w formie nieprzetworzonej były doprowadzone bezpośrednio do jednostki centralnej, gdzie były realizowane wszystkie funkcje logiczne, arytmetyczne oraz przechowywane były zgromadzone informacje. Jedynie wskaźniki prędkości na pulpitych maszynisty były sterowane sygnałem cyfrowym RS 485. Zachowanie takiej budowy bardzo utrudniało zwiększenie liczby sygnałów i wprowadzanie nowych funkcji. Natomiast rozproszona budowa tachografu składającego się z modułów ma wiele korzystnych cech. Umożliwia umieszczenie paneli operatorskich zapewniających dwustronną komunikację bezpośrednio na pulpicie maszynisty, podczas gdy jednostka centralna tachografu może być usytuowana w miejscu, które jest dobrze chronione podczas kolizji. Zbieranie sygnałów obiektowych dwustanowych i analogowych może być realizowane za pomocą kilku bloków rozmieszczonych w różnych miejscach pojazdu. Bloki

te zbierają sygnały z obiektów położonych w niewielkiej odległości. Poszczególne bloki muszą mieć zapewnioną komunikację wg typowego standardu. Ze względu na swoje zalety i coraz większą powszechność wybrano jako łącze cyfrowe integrujące poszczególne elementy tachografu magistralę CAN. Za taką decyzją przemawiał fakt, że w układach sterowania pojazdów szynowych stosuje się magistralę CAN [2]. Schemat tachografu dla pojazdów szynowych o budowie rozproszonej z wykorzystaniem magistrali CAN przedstawiono na rys. 3. Podstawowe funkcje arytmetyczne i logiczne wykonywane są w jednostce centralnej tachografu.



Rys. 3 Schemat tachografu o budowie rozproszonej z wykorzystaniem magistrali CAN

Bezpośrednio do jednostki centralnej doprowadzony jest sygnał z przetwornika drogi, który ma postać ciągu impulsów i w tej formie jest doprowadzony do jednostki centralnej, gdzie są obliczane: prędkość, droga oraz są one kojarzone z bieżącym czasem. Do jednostki centralnej dołączony jest przez łącze RS 485 zespół rejestrujący parametry jazdy "pamięć". Zespół ten umieszczony w miejscu najmniej narażonym na zniszczenie umożliwia okresowe przepisywanie zapisu dokonanego w czasie jazdy z pamięci stałej do urządzeń zewnętrznych. W zespole tym są dwa obszary rejestracji: komórka pamięci standardowa EKP - odczytywana okresowo oraz komórka pamięci o podwyższonej odporności na zniszczenie - odporna na narażenia mechaniczne i oddziaływanie temperatury tzw. "czarna skrzynka". Pamięć ta zbierająca najważniejsze informacje, które są niezbędne do ustaleń prawnych [5] jest odczytywana tylko w przypadku potrzeby ustalenia przebiegu zdarzeń po wypadku. Opcjonalnie może być zastosowany podobny zespół rejestrujący parametry jazdy dołączony poprzez magistralę CAN w innym oddalonym miejscu pojazdu. Takie rozwiązanie zdecydowanie zwiększy prawdopodobieństwo zachowania najważniejszych informacji w przypadku zderzenia pojazdu i ewentualnego pożaru. Na pulpicie maszynisty jest umieszczony wskaźnik prędkości jazdy sterowany magistralą CAN. Są możliwe różne rozwiązania zależnie od wymagań odbiorcy. Może to być panel operatorski wskazujący parametry jazdy, tj. prędkość rzeczywistą, prę-

kość zadaną, drogę, czas i ewentualnie inne, jak np. bieżąca moc pobierana przez silniki lub siła uciągu. W prostych pojazdach jest to jedynie przyrząd wskazujący prędkość pojazdu. Pozostałe funkcje to: doprowadzenie informacji do jednostki centralnej o stanie wejść sygnałów dwustanowych oraz wejść sygnałów analogowych oraz wysterowanie sygnałów wyjściowych dwustanowych i analogowych z procesora jednostki centralnej. Odbywa się to przez magistralę CAN. Zastosowano tu powtarzalne moduły konwerterów analogowo-cyfrowych oraz detektorów dwustanowych, których liczba jest dostosowana do potrzeb danego obiektu. Są one instalowane w miejscach zapewniających dobre warunki środowiskowe i zapewniających najkrótsze połączenia elektryczne do obwodów docelowych dla określonej grupy sygnałów. Przetworzone do postaci cyfrowej sygnały są przez magistralę CAN przekazywane do jednostki centralnej. Jednocześnie sygnały wyjściowe z jednostki centralnej sterują przez magistralę CAN moduły wyjść przekaźnikowych i wyjścia analogowe. Liczba zainstalowanych modułów może się zmieniać podczas eksploatacji pojazdu, np. podczas modernizacji. Jest to ważna zaleta, ponieważ lokomotywy mają projektowany cykl eksploatacji rzędu 20 lat. W konstrukcji skierowano główny wysiłek na uzyskanie niezawodności i odporności na zakłócenia elektromagnetyczne. Dlatego przyjęto stosunkowo niską szybkość transmisji 100kb/s. Większość sygnałów analogowych jest wolnozmienna i nie wymaga częstej rejestracji. Aby ograniczyć ilość informacji przyjęto 8-bitową prezentację wielkości analogowych. Zapewnia to błąd poniżej 0,5% wartości zakresowej i jest wystarczające do oceny pracy urządzeń.

4. PORÓWNANIE ROZWIĄZANIA TACHOGRAFU TRADYCYJNEGO I WYKORZYSTUJĄCEGO MAGISTRALĘ CAN

Wykorzystanie magistrali CAN pozwala na budowę tachografu o dużej elastyczności. Zmiana funkcji, liczby sygnałów wymaga jedynie dodania lub zmniejszenia liczby modułów i zmianę ustawień w oprogramowaniu jednostki centralnej lub wymiany oprogramowania. Poszczególne moduły tachografu mogą być optymalnie rozmieszczone w pojeździe z punktu widzenia bezpieczeństwa i długości połączeń.

Dla przykładu przy rejestracji stanu 16 wejść dwustanowych, ośmiu wejść analogowych i wykorzystaniu czterech sygnałów wyjściowych, tj. razem 28 sygnałów trzeba, przy tradycyjnej budowie, do połączeń zużyć ok. 500m przewodu ekranowanego. Do jednostki centralnej tachografu trzeba wykonać około 100 połączeń. W tachografie o budowie rozproszonej z wykorzystaniem magistrali CAN, dla podobnej liczby wejść i wyjść wystarczy 250 ÷ 300 m przewodu. Dodatkową bardzo istotną zaletą jest uproszczenie montażu i obsługi. Zmniejszenie długości przewodów łączących zespoły sterowania pojazdu, przesyłających sygnał nieprzetworzony z modułami zbierającymi sygnały, jest istotnym czynnikiem zwiększającym odporność na zakłócenia radioelektryczne zarówno tachografu, jak i zespołów pojazdu. Należy zauważyć, że wyżej podana liczba sygnałów będzie się systematycznie zwiększać. Reasumując - wykorzystanie magistrali CAN i budowa tachografu w wersji rozproszonej pozwoli obniżyć koszt, uprości montaż, i poprawi niezawodność pracy. Ułatwia diagnostykę i obniża koszt ewentualnych napraw przez wymianę poszczególnych, rozproszonych modułów tachografu. Umożliwia też rozbudowę funkcji w miarę pojawiania się nowych potrzeb, np. pojawienie się potrzeby rejestrowania nowych urządzeń, których praca jest ważna dla bezpieczeństwa ruchu.

5. LITERATURA

- [1] MOSIMANN CH., PAPLA J. : Prędkościomierze i systemy zapisu danych od taśmy do "czarnej skrzynki", SEMTRAK 2004 Konferencja Naukowa Trakcji Elektrycznej, Kraków 2004.
- [2] MARCINIAK Z., DURZYŃSKI Z.: Projekt modernizacji lokomotyw spalinowych serii ST 44" EMI-PRESS Łódź, Technika Transportu szynowego 2005/9 str.13.
- [3] BORUCKI B., GOSKA J., NIEWIATOWSKI J.: Tachograf elektroniczny T-130P, PIAP Warszawa, Pomiar Automatyka i Robotyka 2005/9 str. 6.
- [4] Secheron, Speed measuring, data acquisition and display systems. Katalog 2005.
- [5] BORUCKI B., GOSKA J., NIEWIATOWSKI J.: Rejestracja zdarzeń we współczesnych pojazdach szynowych" SEMTRAK 2006 Konferencja Naukowa Trakcji Elektrycznej, Zakopane 2006.

APPLICATION CAN PROTOCOL IN RAILWAY VEHICLES FOR EX-AMPLE TACHO IN DISPERSED MODULAR CONSTRUCTION

Abstract:Modern railway vehicles provide large number of measure and control units that are dispersed in whole construction. Data acquisition from various units which response for safety drive have to have certain flow of data from many points railway vehicle. Providing the CAN protocol decrease number of wires and increase number of data acquisition. Article explains tacho's structure in modular construction and compare it to common construction.

Recenzent: prof. dr hab inż. Jerzy Świder