

Adam BARTNICKI¹
Arkadiusz RUBIEC

MAGISTRALA CAN W SYSTEMACH STEROWANIA MASZYN I POJAZDÓW WOJSKOWYCH

W referacie dokonano przeglądu istniejących rozwiązań systemów sterowania opartych na magistrali CAN maszyn i pojazdów wojskowych, eksploatowanych obecnie przez siły zbrojne RP. Przedstawiono zalety i wady tego typu rozwiązań i zasadność ich stosowania we współczesnych maszynach i pojazdach.

CAN-BUS IN CONTROL SYSTEMS OF MILITARY MACHINES AND VEHICLES

The main purpose of this paper was to review existing solutions of control systems of military machines and vehicles which use CAN-BUS. Many of these vehicles are in use nowadays in Polish Armed Forces. What is more, significant advantages and disadvantages of such solutions were presented as well as justification why it is worth to use them in contemporary machines and vehicles.

1. WSTĘP

Zadania stawiane współczesnym maszynom inżynierskim, złożoność realizowanych przez nie procesów roboczych, zmienne obciążenia ich układów wykonawczych, trudne warunki eksploatacji, a także dążenie do poprawy komfortu pracy operatora powodują iż poszukuje się efektywniejszych układów przenoszenia mocy, obniżających koszt eksploatacji maszyn.

Postępujący jednocześnie rozwój elementów hydraulicznych, ich niezawodność i podatność na sterowanie, sprawia iż coraz częściej w rozwiązaniach układów napędowych współczesnych maszyn i pojazdów stosowane są hydrostatyczne układy napędowe. Pełne wykorzystanie potencjalnych możliwości tychże układów napędowych możliwe jest jedynie w przypadku wprowadzenia nowoczesnych systemów sterowania nimi. Na obecnym etapie rozwoju hydrostatycznych układów napędowych, dąży się do polepszenia ich sprawności i żywotności, zwiększenia dokładności sterowania, a tym samym zwiększenia dokładności wykonywanych zadań technologicznych oraz automatyzacji wybranych ruchów roboczych.

Jednym z charakterystycznych problemów dla sterowania maszynami inżynierskimi jest konieczność precyzyjnego sterowania w ograniczonym polu widzenia osprzętami

¹ Wojskowa Akademia Techniczna

roboczymi o olbrzymiej bezwładności (masy zredukowane obciążające siłowniki sięgają nawet tysięcy ton napędzanych hydraulicznie z mocą nawet kilkuset kW). Jakość sterowania jest głównym hamulcem postępu w tej dziedzinie.

Pojawienie się nowej technologii sterowania podzespołami hydraulicznymi – systemu CAN-bus w wersji mobilnej otwiera nowe, długo oczekiwane możliwości w dziedzinie sterowania osprzętami i procesami roboczymi. Jednak jak każda nowa technologia ma swoją specyfikę i ograniczenia – które nie zostały jeszcze określone - zwłaszcza w obszarze sterowania przepływem wysokiej mocy w aplikacjach cywilnych.

Poznanie ograniczeń i możliwości nowego systemu oraz opracowanie procedur kontroli stanu i sterowania pozwoli na wdrożenie najnowocześniejszych układów napędowych do maszyn inżynierskich i pojazdów – gwarantujących bezpieczeństwo realizacji zadań szczególnie w strefach zagrożenia, w oparciu o opracowane zasady i procedury projektowania układów napędowych jazdy i osprzętów roboczych maszyn inżynierskich nowej generacji.

2. MASZyny I POJAZDY WOJSKOWE EKSPLOATOWANE W SIŁACH ZBROJNYCH RP WYPOSAŻONE W MAGISTRALĘ CAN

Jednym z przykładów wykorzystania magistrali CAN dla potrzeb sterowania elementami układu napędowego w pojeździe wojskowym, znajdującym się na wyposażeniu sił zbrojnych RP, jest wóz zabezpieczenia technicznego WZT-4 (rys.1). Jest to to szybkie, opancerzony pojazd gaśnicowy, obsługiwany przez czteroosobową załogę. WZT-4 stanowi wsparcie dla nowoczesnych czołgów. Posiada taką samą mobilność, zasięg i ochronę. Dzięki specjalistycznemu wyposażeniu może wykonywać takie zadania jak naprawy i przywracanie zdolności bojowej wozów, prowadzenie obsługi technicznej, prac inżynierskich i ratowniczych, ochronę przeciwlotniczą oraz prace specjalistyczne, a w szczególności:

- ewakuacja pojazdów gaśnicowych z pola walki,
- wyciąganie ugrzęźniętych pojazdów gaśnicowych w różnych warunkach terenowych,
- holowanie niesprawnych wozów bojowych i pancernych pojazdów gaśnicowych,
- prace ziemne przy użyciu spychacza (wykopy, stanowiska bojowe dla czołgów, przejścia przez wały i skarpy przeciwczołgowe, zasypywanie lejów),
- prace montażowo-demontażowe z użyciem własnego żurawia,
- prace związane z naprawą kadłuba przy pomocy urządzeń spawalniczych oraz zestawu potrzebnych zespołów i części zamiennych,
- bezpośredni współudział w remontach wozów, dzięki bogatemu wyposażeniu w narzędzia, przyrządy itp.,
- pierwsza pomoc medyczna dla załóg, ewakuacja rannych z pola walki,
- dwustronna łączność pomiędzy wozami dzięki dwóm radiostacjom.

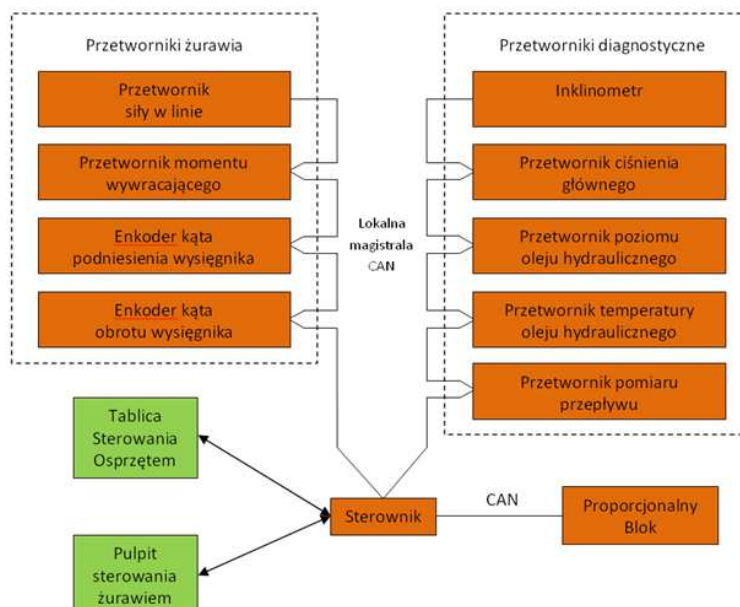


Rys.1. Wóz Zabezpieczenia Technicznego WZT-4



Rys.2. Wóz Zabezpieczenia Technicznego WZT-4 z żurawiem K20

Wóz Zabezpieczenia Technicznego WZT-4 jest modernizacją swojej poprzedniej wersji Wozu Zabezpieczenia Technicznego WZT-3. WZT-4 w stosunku do swojego poprzednika wyróżnia się zastosowaniem najnowocześniejszych rozwiązań konstrukcyjnych, układów i systemów, co stawia go na równi z najnowszymi tego typu wozami na świecie. Jednym z ważniejszych udoskonaleń jest żuraw o udźwigu 20t (rys.2), wyposażony w układ sterowania (rys. 3) wykorzystujący sterowniki programowane PLC oraz przetworniki sygnałów z magistralą CAN (Controller Area Network). Wykorzystanie magistrali CAN zapewnia efektywną i bezpieczną pracę żurawia. Przesył danych wykorzystujący magistralę CAN jest niezawodny i spełnia rygorystyczne wymagania bezpieczeństwa.



Rys.3. Schemat blokowy magistrali CAN sterownika żurawia K20

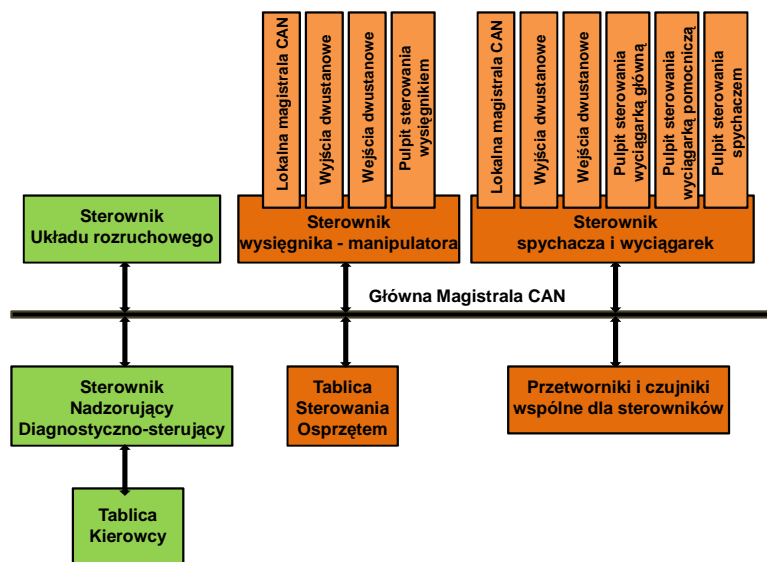
Kolejnym przykładem wykorzystania magistrali CAN we współczesnym, wojskowym pojeździe gąsienicowym jest Maszyna Inżynieryjno-Drogowa (rys.4.). MID jest pojazdem należącym do grupy wojskowych pojazdów zabezpieczenia technicznego, przeznaczonym do wykonywania szerokiego zakresu prac ziemnych (np. wykonywania przepraw, usuwania zapór czołgowych, niwelacji terenu czy budowy ziemnych zabezpieczeń). Pojazd może być również wykorzystywany do wykonywania przedsięwzięć ratunkowo-ewakuacyjnych, budowy zapór inżynieryjnych, mechanizacji prac przeładunkowych, wyciągania i holowania niesprawnych pojazdów bojowych itp. w różnych warunkach terenowych i atmosferycznych. Jest jedną z ciekawszych konstrukcji z hydrostatycznym układem napędowym sterowanym w oparciu o magistralę.



Rys.4. Maszyna Inżynieryjno Drogowa MID

Jednostką główną układu hydraulicznego jest wielotłoczkowa pompa hydrauliczna o zmiennej wydajności A11VLO130DRS. Pompa ta zasila blok hydrauliczny 10M4-15 oraz drugi mniejszy, pracujący na niższym ciśnieniu blok 3SP08L. Główny blok hydrauliczny zasila wyciągarkę hydrauliczną, obrót wysięgnika, wciągarkę pomocniczą, lemiesz i poszczególne ruchy manipulatora jak pochylanie łyżki i chwytaka, zacisk chwytaka, obrót chwytaka, pochylanie wysięgnika, wsuw i wysuw wysięgnika. Blok 3SP08L zasila sterowanie osprzętem spycharkowym i blokadę zawieszania.

W strukturze układu sterowania (rys.5) można wyróżnić trzy segmenty sieci CAN. Pierwszy segment sieci CAN łączy sterowniki mobilne z pulpitem sterowania, tablicą sterowania oraz pozostałym wyposażeniem pojazdu, stanowiąc główną magistralę. Ponadto każdy z dwóch sterowników mobilnych posiada swoją magistralę CAN integrującą przetworniki oraz elementy wykonawcze dla danego sterownika. Zastosowanie dwóch sterowników wynika z podziału funkcji osprzętu maszyny na sterowanie żurawiem dla pierwszego sterownika oraz sterowania wyciągarkami i osprzętem spycharkowym dla drugiego sterownika.



Rys.5. Schemat blokowy układu sterowania osprzętem roboczym Maszyny Inżyniersko Drogowej

Most szturmowy PMC-90 (rys.6) to nowoczesny most na podwoziu czołgowym PT-91 przeznaczony do szybkiego pokonywania z marszu naturalnych i sztucznych przeszkód terenowych (rzek, strumieni, wąwozów, rowów czołgowych, lejów po wybuchach pocisków i skarp o szerokości do 19 m). PMC-90 przystosowany został do wykonywania zadań w strefie bezpośredniej i pośredniej styczości z przeciwnikiem, w różnych warunkach terenowych i atmosferycznych przy max. prędkości wiatru do 18 m/s, w warunkach skażeń terenu bronią jądrową, chemiczną i biologiczną i w strefie masowych zniszczeń powstałych na skutek użycia broni jądrowej i konwencjonalnej.



Rys.6. Most Szturmowy PMC-90

Proces rozkładania przęsła składanego mostu nożycowego wymaga zarówno dużej precyzji jak i prędkości realizacji tego działania. Zadania to z punktu widzenia konieczności przemieszczania dużych mas, nabiera szczególnego znaczenia i warunkuje zastosowania odpowiedniego systemu sterowania. Zastosowanie hydrostatycznego układu napędowego w układaczu mostu z wykorzystaniem hydraulicznych elementów wykonawczych przystosowanych do prac w systemie CAN umożliwia efektywną realizację procesu układania i zdejmowania mostu z przeszkody na współczesnym polu walki.

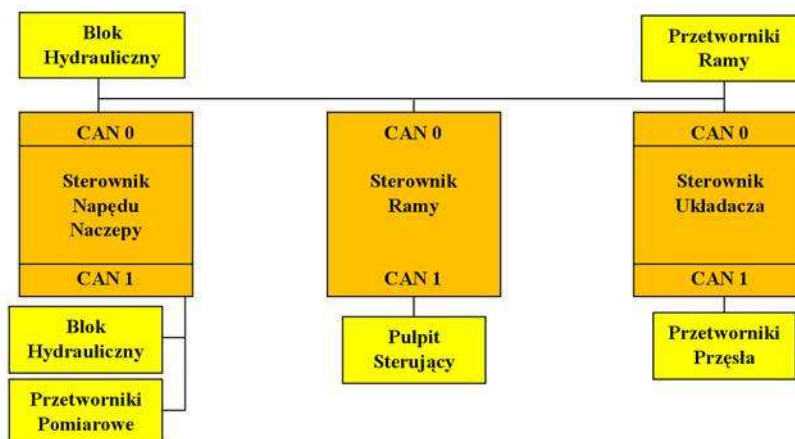
Magistrale CAN wykorzystano także w procesie sterowania rozkładaniem przęsła mostu towarzyszącego MS-20 (rys.7).



Rys.7. Most towarzyszący na podwoziu samochodowym MS-20

Pierwszy na świecie most na podwoziu kołowym, cechujący się: automatycznie rozkładanymi wypełnieniami międzykoleinowymi, regulowaną szerokością przęsła mostu (eksploatacyjna 4 m, transportowa 3 m), podniesionymi własnościami trakcyjnymi dzięki zastosowaniu zawieszenia sprężynowego naczepy i napędowi wszystkich 12 kół pojazdu (ciągnik siodłowy w układzie 6x6 i hydrauliczny napęd kół naczepy) i wreszcie możliwością pokonywania przeszkód do 20 m, wyposażono w układ sterowania zawierający trzy sterowniki mobilne oraz cztery segmenty sieci CAN (rys.8). Podział na cztery segmenty sieci został podyktowany rozproszeniem funkcji sterowania oraz zapewnieniem bezpieczeństwa sieci podstawowej. Dlatego dwa segmenty sieci CAN

zapewniają komunikację między pulpitem oraz przęsłem znajdującymi się na zewnątrz konstrukcji mechanicznej pojazdu.

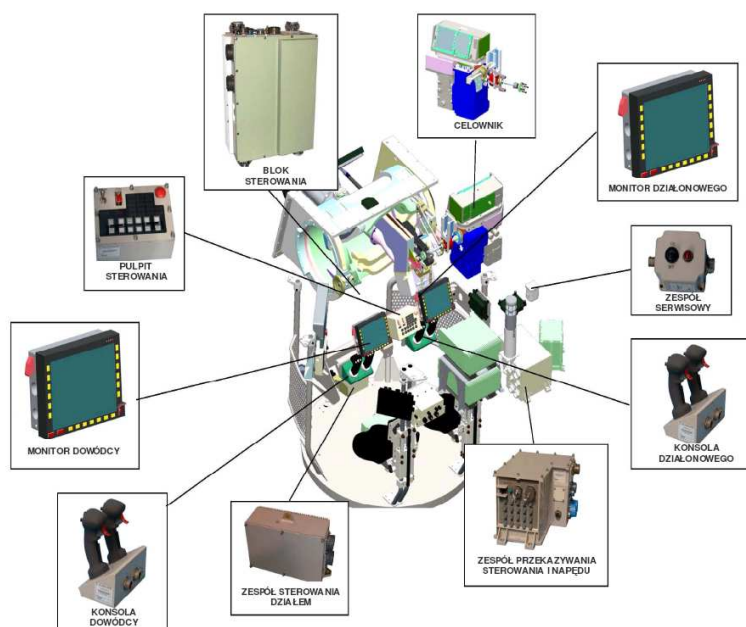


Rys.8. Schemat blokowy układu sterowania mostem na podwoziu samochodowym MS-20

Na wyposażenie sił zbrojnych RP w ostatnich latach wszedł pojazd 8x8 Rosomak (rys.9), który jest modułowym kołowym pojazdem opancerzonym, zaprojektowanym jako wersja bazowa do transportu osób i sprzętu oraz jako wersja bojowa, wyposażona w uzbrojoną wieżę z możliwością przewożenia drużyny piechoty. Pojazd posiada opancerzony stalowy kadłub konstrukcji skorupowej zapewniający ochronę balistyczną. W celu zwiększenia ochrony balistycznej do kadłuba można dołączać dodatkowe elementy opancerzenia. Opancerzony stalowy kadłub zabezpiecza konstrukcję pojazdu, jego systemy i załogę przed minami. Pojazd posiada właściwości maskujące przed wykryciem przez radar lub urządzenia termowizyjne. Pojazd może występować w różnych wersjach np.: w wersji uzbrojonej z systemem wieżowym lub jako pojazd bazowy do innych zastosowań takich jak: ambulans, warsztat, wóz dowódcy wóz łączności i inne. W pojeździe magistralę CAN wykorzystano w układzie sterowania elementami wykonawczymi układu napędowego wieży (rys.10). W systemie tym elementy układu: zarówno blok sterowania, pulpit sterowania, konsole wraz z zespołami sterowania działem, celownikami i monitorami LCD wpięto we wspólną szynę CAN. Takie rozwiązanie zapewnia bardzo wysoki stopień niezawodności systemu sterowania, odporność na zakłócenia, a więc efektywność działania. W systemie tym dodatkowo przewidziano możliwość diagnozowania układu sterowania wieży w oparciu o blok zespołu serwisowego włączonego w magistralę CAN.



Rys.9. Kołowy pojazd opancerzony Rosomak



Rys. 10. Rozmieszczenie głównych zespołów sterowania wieżą Rosomaka

3. ZALETY I WADY STOSOWANIA MAGISTRALI CAN W SYSTEMACH STEROWANIA

Poszukiwanie nowoczesnych rozwiązań systemów sterowania współczesnymi maszynami i pojazdami wojskowymi jest niejednokrotnie podstawą powodzenia realizowanych przez nie misji. Coraz częściej wykorzystywana w procesie sterowania w aplikacjach mobilnych magistrala CAN zapewnia efektywne i bezpieczne realizowanie

zadań, co w przypadku maszyn i pojazdów wojskowych nabiera szczególnego znaczenia. Jednocześnie dynamiczny rozwój elementów elektrycznych i hydrostatycznych układów napędowych pracujących w systemie CAN powoduje, że magistrala znajduje coraz większe zastosowanie w najnowszych konstrukcjach dla przemysłu zbrojeniowego. Niewątpliwymi zaletami magistrali są:

- niezawodność,
- odporność na zakłócenia,
- łatwa konfiguracja układów sterowania,
- stosunkowo prosta diagnostyka układów,
- możliwość zmiany charakterystyk elementów w trybie on-line,
- oszczędność okablowania,
- duża prędkość transmisji, szybka komunikacja,
- kompatybilność,
- uniwersalność i elastyczność zastosowań,
- podatność na zdalne i automatyczne sterowanie.

Nie można jednak zapominać o tym, że każde rozwiązanie ma swoje wady i zalety. Wadą magistrali szeregowych jest to, że jej uszkodzenie powoduje utratę możliwości wymiany danych, sterowania i zarządzania w układzie sterowania. Dlatego dobrym rozwiązaniem tego problemu jest układ RED CAN stanowiący sieć redundantną. Inną wadą magistrali szeregowych jest możliwość „zapchania” się zbyt dużą ilością przesyłanych danych, dlatego w fazie projektowania należy dokonać poprawnego doboru elementów systemu z uwzględnieniem możliwości jego rozbudowy o kolejne elementy. Do niedogodności serwisowych, wynikających ze struktury sieci CAN, można zaliczyć konieczność konfiguracji urządzeń, np. w przypadku wymiany uszkodzonego czujnika. Wiąże się to z koniecznością zastosowania specjalistycznych narzędzi i udziału wykwalifikowanego serwisu obsługowo-naprawczego, co zwiększa koszty eksploatacji maszyn i pojazdów wyposażonych w magistralę CAN.

Osobną problematykę zasadności stosowania układów CAN-bus stanowią systemy zdalnego i automatycznego sterowania wprowadzane w maszynach i pojazdach, realizujących zadania w bezpośrednim zagrożeniu życia i zdrowia człowieka-operatora. Duża podatność magistrali na zdalne i automatyczne sterowanie w parze z niezawodnością, sprawia iż roboty mobilne sterowane są coraz częściej w oparciu o szynę CAN.

4. PODSUMOWANIE

Wykorzystanie nowej technologii sterowania - systemu CAN-bus, dla potrzeb realizacji zadań technologicznych przez maszyny i pojazdy wojskowe znajdujące się na wyposażeniu sił zbrojnych, może znacząco wpłynąć zarówno na efektywność ich procesów roboczych jak i komfort pracy operatora. Dlatego też rozpoznanie tej problematyki, poznanie możliwości i zidentyfikowanie ograniczeń sterowania układami hydrotronicznymi w systemie CAN-bus maszyn mobilnych i pojazdów, określenie możliwości wykorzystania technologii CAN-bus do zdalnego sterowania osprzętami roboczymi pozwoli na wdrożenie najnowocześniejszych układów napędowych do maszyn inżynierskich – gwarantujących wysoką jakość realizowanych zadań technologicznych, a także bezpieczeństwo realizacji tych zadań w strefach zagrożenia.

5. LITERATURA

- [1] BARTNICKI A., MUSZYŃSKI T.: *Implementacja technologii CAN-bus w systemach sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi*, Napędy i Sterowania Hydrauliczne i Pneumatyczne 2009-10-20 str. 83-89, ISBN 978-83-87982-34-8
- [2] BARTNICKI A.: *Wykorzystanie magistrali CAN w procesach sterowania maszynami inżynieryjnymi*, Górnictwo Odkrywkowe 4-5/2009 Str.21-24, ISSN 0043-2075
- [3] BARTNICKI A., TYPIAK A.: *Stanowisko do badań hydrotronicznych układów napędowych pracujących w systemie CAN-bus*, Maszyny Górnicze 4/2008 Kwartalnik Naukowo-Techniczny str.9-14, ISSN 0209-3693
- [4] BARTNICKI A., TYPIAK A.: *Badania układów napędowych pracujących w systemie CAN-bus*, „Badanie, konstrukcja, wytwarzanie i eksploatacja układów hydraulicznych”, Cylinder 2008, ISBN 978-83-60708-21-7
- [5] BARTNICKI A.: *Hydrotroniczne systemy sterowania maszynami inżynieryjnymi oparte na magistrali CAN*, LOGITRANS 2008, Szczyrk 2008, Logistyka nr 2/2008, ISSN 1230-78-23
- [6] CAN Specification. Version 2.0., Robert Bosch, Stutgard, Germany, 1991
- [7] <http://www.bumar.gliwice.pl>
- [8] <http://www.konstrukcjeinzynierskie.pl>
- [9] Jura J., Rawicki N.: *Modernizacja układu sterująco-diagnostycznego pojazdu MID*, Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe Biuletyn nr 16, Gliwice 2002
- [10] Jura J.: *Wykorzystanie magistrali CAN do sterowania Żurawiem K20*, Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe Biuletyn nr 22, Gliwice 2007.
- [11] *Magistrala CAN*, część 1. Elektronika Praktyczna 1/2000. Warszawa, AVT-Korporacja Sp. z o.o.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach **2008-2010** jako projekt rozwojowy Nr OR 00 0012 05