

Adam BARTNICKI¹
Andrzej TYPIAK

MOŻLIWOŚCI I OGRANICZENIA WYKORZYSTANIA MAGISTRALI CAN W SYSTEMACH STEROWANIA ROBOTAMI MOBILNYMI

W referacie przedstawiono możliwość wykorzystania magistrali CAN w systemach sterowania współczesnymi maszynami inżynierskimi. Zaprezentowano maszyny, pojazdy, demonstratory technologii i stanowiska badawcze, w których wykorzystano hydrostatyczne układy napędowe sterowane w oparciu o standard CAN. Poznanie ograniczeń i możliwości nowego systemu oraz opracowanie procedur kontroli stanu i sterowania pozwoli na wdrożenie najnowocześniejszych układów napędowych do współczesnych maszyn i pojazdów.

POSSIBILITIES AND LIMITATIONS OF USING CAN-BUS IN CONTROL SYSTEMS OF MOBILE ROBOTS

This paper shows possibilities of using CAN bus in control systems of today's engineering machines. Presented machines, vehicles, technology demonstrators and research stands, all utilize hydrostatic drive systems controlled using CAN standard. Understanding capabilities and limitations of such systems and elaboration of safe and reliable steering procedures will allow usage of the most modern drive systems in today's machines and vehicles.

1. WSTĘP

Specyfika zadań realizowanych przez współczesne bezzałogowe pojazdy lądowe, możliwość wykorzystania ich w zadaniach ratownictwa ogólnego, stawia bardzo wysokie wymagania zarówno ich układom napędowym jak również systemom sterowania nimi. Podstawowym wymaganiem dla tego typu rozwiązań jest zapewnienie dużej mobilności i precyzji sterowania podczas prowadzonych misji rozpoznawczych i ratowniczych, a także odpowiednio dużych sił i momentów elementów wykonawczych osprzętów roboczych. Postępujący rozwój elementów hydraulicznych, ich niezawodność i podatność na sterowanie, sprawia iż coraz częściej w rozwiązaniach układów napędowych współczesnych bezzałogowych platform lądowych stosowane są hydrostatyczne układy napędowe, które zapewniają zarówno uzyskanie bardzo dobrych parametrów trakcyjnych pojazdu, jak i odpowiednio dużych sił ich osprzętów roboczych. Niewątpliwym atutem tego typu rozwiązań jest względnie długi czas pracy tych platform, ograniczony jedynie

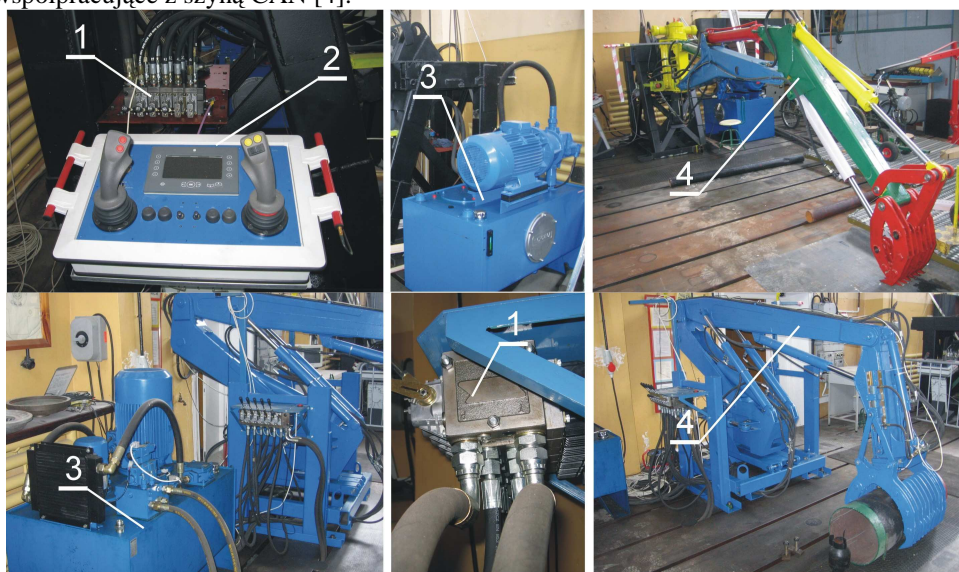
¹ Wojskowa Akademia Techniczna

pojemnością zbiorników paliwa (zasilających silniki spalinowe), w odróżnieniu od robotów napędzanych z wykorzystaniem elektrycznych układów napędowych, których czas pracy jest ograniczony pojemnością ogniw akumulatorowych. Pełne wykorzystanie potencjalnych możliwości tychże układów napędowych możliwe jest jedynie w przypadku wprowadzenia nowoczesnych systemów sterowania nimi. Pojawienie się nowej technologii sterowania podzespołami hydraulicznymi – systemu CAN-bus w wersji mobilnej otworzył nowe, długo oczekiwane możliwości w dziedzinie sterowania osprzętami i procesami roboczymi maszyn wyposażonych w hydrostatyczne układy napędowe.

Katedra Budowy Maszyn Wojskowej Akademii Technicznej prowadzi liczne prace badawcze nad możliwością zaimplementowania technologii CAN w układach sterowania bezzałogowymi pojazdami z napędem hydrostatycznym, w wyniku których powstanie system sterowania bezzałogową platformą lądową sterowaną w oparciu o magistralę CAN.

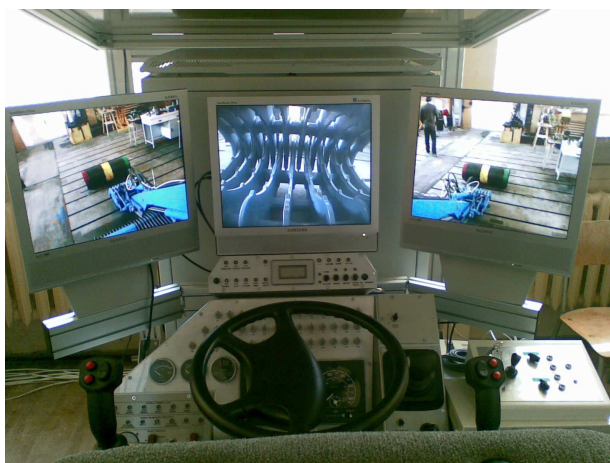
2. STANOWISKO DO BADAŃ HYDROTRONICZNYCH UKŁADÓW NAPĘDOWYCH PRACUJĄCYCH W SYSTEMIE CAN-bus

Dla potrzeb rozpoznania ograniczeń i możliwości wdrożenia technologii CAN-bus w mobilnych systemach sterowania robotami i współczesnymi maszynami inżynieryjnymi, w Katedrze Budowy Maszyn WAT zbudowano dwa stanowiska badawcze (rys.1), na których testowano elementy wykonawcze hydrostatycznego układu napędowego, sterowanego z wykorzystaniem rozdzielaczy hydraulicznych, wyposażonych w elektroniczne moduły współpracujące z szyną CAN [4].



Rys.1. Stanowiska badawcze do testowania układów sterowania wykorzystujących magistralę CAN: 1 – rozdzielacz hydrauliczny z elektronicznymi modułami CAN-bus, 2 – pulpit zdalnego sterowania, 3 – agregat hydrauliczny, 4 – osprzęt roboczy

Podstawowymi elementami stanowisk są pięciosekccyjne rozdzielacze 157RN132_2004 (1-rys.1) firmy Sauer-Danfoss, pozwalające sterować wszystkimi ruchami osprzętu roboczego, składające się z pojedynczych sekcji typu PVG32 i pracujące w systemie LS (Load Sensing). Sterowanie przemieszczaniem suwaków rozdzielaczy realizowane jest poprzez moduły elektroniczne typu PVED-CC, które przeznaczone są do pracy z wykorzystaniem protokołu CAN-bus. Uruchamianie poszczególnych cewek realizowane jest z wykorzystaniem joysticków pulpitu zdalnego sterowania (2-rys.1), generujących analogowe i cyfrowe sygnały sterujące lub stanowiska do testowania systemu zdalnego sterowania osprzętem roboczym w funkcji teleoperatora, opartego na magistrali CAN (rys.2). W tym przypadku układ wizyjny zapewnia panoramiczny widok otoczenia, a kamera zamontowana w szczęce pozwala na detekcję i analizę podnoszonych obiektów. Do wzajemnej komunikacji między elementami układu sterowania wykorzystano mikrokontrolery systemu Plus +1.



Rys.2. Stanowisko do testowania systemu zdalnego sterowania osprzętem roboczym w funkcji teleoperatora, oparte na magistrali CAN Wóz Zabezpieczenia Technicznego WZT-4 z żurawiem K20

3. BEZZAŁOGOWA PLATFORMA LĄDOWA STEROWANA W OPARCIU O MAGISTRALĘ CAN

W ramach prowadzonych badań nad możliwością wykorzystania magistrali CAN do sterowania pojazdami bezzałogowymi, w ramach współpracy Katedry Budowy Maszyn WAT z firmą HYDROMEGA, stworzono lekki pojazd bezzałogowy wysokiej mobilności ze sprzęgiem hydraulicznym, wyposażony w napęd hydrostatyczny, w którym skręt realizowany jest poprzez zmianę kąta wzajemnego położenia dwóch części pojazdu połączonych sprzęgiem (rys.3). Wysoką mobilność pojazdu zapewnia elastyczne podwozie gąsienicowe, w którym gąsienice napędzane są niezależnie czterema silnikami gerotorowymi. Sterowanie pojazdem realizowane jest w oparciu o rozdzielacze hydrauliczne wyposażone w moduły elektroniczne pracujące w systemie CAN, które

umożliwiają zarówno zmianę prędkości pojazdu jak i kierunku jego ruchu. Główna jednostka napędowa pojazdu (silnik spalinowy) i hydrostatyczny układ napędowy umożliwiają wyposażenie pojazdu w dodatkowy osprzęt roboczy, wykorzystujący energię hydrauliczną ciecży roboczej, bądź energię elektryczną generowaną przez jej źródła. Możliwe jest zatem montowanie na pojeździe wszelkiego rodzaju: samopoziomujących się platform, manipulatorów, pił tnących, hydraulicznych przecinaków itp. Wszystkie te elementy mogą być także przystosowane do zdalnego sterowania.



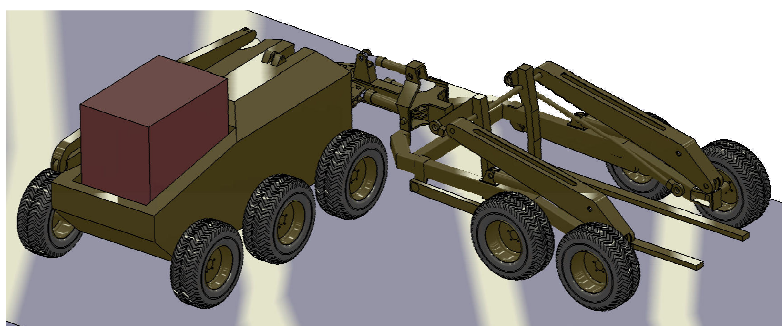
Rys.3. Bezzałogowa platforma lądowa sterowana w oparciu o magistralę CAN: 1 – rozdzielacz hydrauliczny, 2 – elektroniczne moduły CAN-bus

4. CAN-BUS W ZDALNIE STEROWANYCH ROBOTACH INŻYNIERYJNYCH WSPÓLCZESNEGO POLA WALKI

Kolejne dwie konstrukcje powstające w wyniku współpracy KBM WAT i firmy Hydromega, w których wykorzystano magistralę CAN w układach sterowania jazdą i osprzętem roboczym, to inżynieryjne roboty wsparcia *Boguś i Marek* (rys.4 i 5) [5]. Pierwszy z nich przeznaczony jest do realizacji zadań związanych z zaopatrywaniem pododdziałów operujących w trudnodostępnym terenie. Może on stanowić także nośnik różnego rodzaju systemów rozpoznania lub minowania. Robot będzie zbudowany w układzie dwuczłonowym, ze sprzęgiem hydraulicznym łączącym oba człony. Jednostkę napędową będzie stanowił turbodoładowany silnik wysokoprężny o mocy ok.60 k, układ jezdny - 10x10 (pierwszy człon – 6x6, drugi – 4x4), układ przeniesienia napędu - mechaniczno-hydrostatyczny z blokadą międzyosiową. Zawieszenie - niezależne, hydropneumatyczne, z blokadą kół przednich, a układ skrętu - zwrotnicowo-przegubowy. Czas pracy operacyjnej – nie mniej niż 8–10 godzin. Zakładane wymiary: długość 7-8 m,

szerokość ok. 2,1 m. Dzięki zastosowaniu układu dwuczłonowego ze specjalnie opracowanym sprzęgiem hydraulicznym ma być możliwe uzyskanie promienia skrętu rzędu 4 m. Rozwiązanie to ma również umożliwić pokonywanie rowów o szerokości do 1 m i wzniesień o nachyleniu 45°. Zamontowany na drugim członie hydrauliczny podnośnik widłowy przeznaczony będzie do samoładunku i samorozładunku przedmiotów (np. standardowej palety o wymiarach 2,5x1 m) o masie do 2000 kg, z poziomu gruntu oraz z samochodów ciężarowych [6].

Podstawowe parametry robota to: masa własna ok. 4000 kg, ładowność 2000 kg + 1000 kg, maksymalna prędkość jazdy 30–40 km/h.



Rys.4. Inżynierski robot wsparcia taktycznego „Bogus”

Inżynierski robot wsparcia misji EOD/IED „Marek” (rys.5) to 6-kołowy pojazd o masie ok. 3200 kg napędzany turbodoładowanym silnikiem wysokoprężnym o mocy około 60 kW. W rozwiązaniu tym zaproponowano układ jezdny 6x6 z niezależnym zawieszeniem hydropneumatycznym. Zapewnienie odpowiednich właściwości trakcyjnych osiągnięto poprzez zastosowanie hydrostatycznego układu napędowego jazdy z blokadą międzyburtową i międzyosiową, w którym każde z kół napędzane jest niezależnie silnikiem gerotorowym o odpowiednim momencie obrotowym. Burtowy układ skrętu czyni pojazd bardzo zwrotnym i umożliwia skręt z zerowym promieniem skrętu. Robot będzie wyposażony w manipulator ze specjalnym chwytakiem i ażurową łyżką ładownicą. Osprzęt roboczy maszyny napędzany będzie również z wykorzystaniem hydrostatycznego układu napędowego.

Kinematyka manipulatora i jego konstrukcja ma zapewnić zdolność do podejmowania z rowu przydrożnego lub leja:

- ładunku o masie do 250 kg i średnicy do 600 mm (np. beczki, bomby lotnicze, amunicja artyleryjska, pociski raketowe);
- drobnych przedmiotów o średnicy poniżej 100 mm (np. granaty);
- prefabrykatów z betonu oraz gruzu i głazów o masie do 250 kg;
- elementów konstrukcji stalowych i drewnianych (pręty, kształtowniki, belki, deski, kantówki).

Oprócz manipulatora robot będzie wyposażony w podnośnik, osprzęt ładownicowy z szybkołączem umożliwiającym przyłączenie różnych narzędzi – podstawowym ma być łyżka ażurowa zdolna do urabiania luźnych podłoży (gruntów I i II kategorii) i

odseparowywania z nich przedmiotów o minimalnej średnicy poniżej 50 mm (np. granatów ręcznych), a także unoszenia/przewracania obiektów wielkogabarytowych (np. samochody), wykopywania płytko zagłębionych UXO, kotwienia w celu zwiększenia sił rozwijanych manipulatorem oraz jako podpora zwiększająca stateczność. Z wykorzystaniem podnośnika ma być możliwe przemieszczanie (unoszenie, przepychanie): wraków samochodów osobowych, bloków betonowych, zawałów, pni, zapór, kratownic stalowych, itp. o masie do 2000 kg [6]. Zaproponowane rozwiązania konstrukcyjne mają zapewnić 8-10 godzinny czas pracy operacyjnej robota.



Rys.5. Inżynierski robot wsparcia misji EOD/IED „Marek”

W obydwu przypadkach sterowanie układami napędowymi pojazdów będzie realizowane z wykorzystaniem magistrali CAN w oparciu o elementy systemu PLUS+1. Zakłada się wykorzystanie niezależnych sterowników w układach sterowania jazdą i osprzętem roboczym, sprzęgiem hydraulicznym i aktywnym zawieszeniem hydropneumatycznym. Wykorzystanie hydraulicznych silników gerotorowych przystosowanych do pracy w magistrali CAN znacznie ułatwi proces sterowania nimi w aspekcie uzyskania maksymalnych wartości siły napędowej na poszczególnych kołach, a proces sterowania zawieszeniem hydropneumatycznym zapewni ciągły kontakt kół napędowych pojazdu z podłożem.

5. PODSUMOWANIE

Wymóg precyzyjnego sterowania maszynami inżynierskimi nowej generacji, możliwość ingerowania w ich procedury sterujące w trybie „on line” oraz potrzeba ciągłego diagnozowania procesów roboczych, stają się obecnie światowym standardem. Jego spełnienie wymaga jednak dysponowania wiedzą na temat możliwości i ograniczeń

istniejących systemów. Wiedza ta jest obecnie tajemnicą nielicznych firm, które pracują nad nowymi technologiami w tym zakresie i brak jest na ten temat rzetelnych publikacji naukowych. Wykorzystanie nowej technologii sterowania - systemu CAN-bus, dla potrzeb realizacji zadań technologicznych przez współczesne maszyny inżynierskie, 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, 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.

Temu właśnie celowi służą opracowywane w Katedrze Budowy Maszyn WAT pojazdy i maszyny z napędem hydrostatycznym sterowane w oparciu o magistralę CAN. Prowadzone badania dowodzą, że możliwe jest wykorzystanie magistrali CAN do sterowania jazdą i osprzętem roboczym pojazdów bezzałogowych.

6. LITERATURA

- [1] BARTNICKI A.: *Hydrotroniczne systemy sterowania maszynami inżynierskimi oparte na magistrali CAN*, Logistyka Nr 2/2008
- [2] BARTNICKI A., KUCZMARSKI F., TYPIAK A.: *Wpływ sterowania na poprawę parametrów hydrostatycznych układów napędowych z kompensacją obciążenia*, XVIII Konferencja „Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych”, Zakopane 2005 r.
- [3] BARTNICKI A., TYPIAK A.: *Badania układów napędowych pracujących w systemie CAN-bus*, „Badanie, konstrukcja, wytwarzanie i eksploatacja układów hydraulicznych”, Cylinder 2008.
- [4] BARTNICKI A., TYPIAK A.: *Stanowisko do badań hydrotronicznych układów napędowych pracujących w systemie CAN-bus*, „Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe (23)” nr 1/2008.
- [5] MUSZYŃSKI T.: *Inżynierskie roboty wsparcia*, Sympozjum KBM WAT „Roboty Inżynierskie Współczesnego Pola Walki”, WAT Warszawa 2010.
- [6] SitarSKI M.: *Projekty polskich robotów wojskowych*. Nowa Technika Wojskowa 7/2010
- [7] Materiały udostępnione przez firmę Sauer Danfoss.
- [8] Materiały udostępnione przez firmę Fintec.
- [9] Materiały udostępnione przez firmę Ruda Trading International.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach **2008-2010** jako projekt rozwojowy Nr OR 00 0012 06