

Jerzy **JURA**  
Robert **HALEK**

## **KONSTRUKCJA UKŁADÓW STEROWANIA POJAZDÓW INŻYNIERYJNYCH OPARTYCH O INTEGRALNE ZESPOŁY POŁĄCZONE CYFROWĄ MAGISTRALĄ DANYCH**

**Streszczenie:** Rozwój pojazdów inżynierskich związany jest nie tylko ze zmianami parametrów mechanicznych. Dużą rolę odgrywa również rozwój układów sterowania. To, co jest trudne do rozwiązania za pośrednictwem konstrukcji mechanicznych, jest rozwiązywane na drodze sterowania elektronicznego. W artykule zawarto spostrzeżenia oparte na pracach koncepcyjnych autorów.

### **1. WSTĘP**

Pojazdy inżynierskie podlegają ciągłej ewolucji w kierunku poprawy parametrów technicznych, osiągow i wytrzymałości mechanicznej. Podobnej ewolucji podlegają wymagania na układy sterujące pojazdów inżynierskich. W trakcie eksploatacji, ze względu na brak możliwości przetwarzania, duża ilość danych pomiarowych dotyczących stanu wyposażenia i instalacji jest pomijana. Prowadzi to często do niepodejmowania stosownych działań zaradczych ze strony obsługujących pojazd i może być przyczyną uszkodzeń wyposażenia pojazdu, a także zagrażać zdrowiu i życiu obsługi.

### **2. PROJEKTOWANIE UKŁADÓW STEROWANIA**

Duże zróżnicowanie wymagań dla pojazdów inżynierskich przy jednocześnie małej liczbie pojazdów danego typu, [7], [9] wymaga od konstruktorów spełnianie coraz to nowych bardziej skomplikowanych i trudniejszych do uzyskania funkcji. Dla użytkowników pojazdów inżynierskich poza parametrami technicznymi coraz większego znaczenia nabierają parametry obsługowo eksploatacyjne. Od współczesnych konstrukcji pojazdów inżynierskich oczekuje się między innymi zapewnienia:

- prostoty w użytkowaniu i obsłudze,
- możliwości zdalnego sterowania pracą oprzyrządowania,
- diagnostyki w czasie rzeczywistym – digitalizacja pola walki (bieżącej informacji o stanie pojazdu, układów sterowania, układów wykonawczych i parametrów logistycznych),
- szybkiej lokalizacji usterek układów i instalacji,
- możliwości operowania skomplikowanym osprzętem z wnętrza pojazdu (np. podczas pracy w warunkach bojowych lub niebezpiecznych),
- możliwości szybkiego i skutecznego szkolenia lub przyuczenia operatorów,
- prostej i nieskomplikowanej obsługi technicznej.

Spełnienie tych wymagań przy wykorzystaniu tradycyjnych układów sterowania jest trudne, dodatkowo zróżnicowanie funkcji prowadzi do nadmiernej rozbudowy wersji i wariantów wykonania układów sterowania. Do największych mankamentów tradycyjnych układów sterujących należą czasochłonne i kosztowne:

- montaż, uruchomienie i strojenie układów sterujących oraz wyposażenia pojazdu,
- diagnozowanie usterek w pracy układów sterujących oraz wyposażenia pojazdu,

- naprawy układów sterujących oraz wyposażenia pojazdu (każdy podzespół ma własną charakterystykę, co przy jego wymianie powoduje konieczność dostrojenia zamiennika do reszty układu).

Obecnie eksploatowane pojazdy inżynieryjne wyposażone są przede wszystkim w układy sterujące opracowane w technologii przekaźnikowo-stykowej. Układy takie charakteryzują się:

- bardzo małą podatnością na modyfikacje funkcji sterujących, co związane jest z zamkniętą strukturą logiczną,
- brakiem jednoznacznego rozdziału układów sterujących i wykonawczych, tzn. układy wykonawcze mogą w sposób niekontrolowany zakłócać pracę układów sterujących,
- możliwością błędnego działania układów wykonawczych przy obniżeniu poziomu napięć sterujących, pomimo prawidłowych nastaw elementów sterujących,
- przewodowym sterowaniem punkt-punkt elementów wykonawczych, np. z pulpitów wynośnych, co powoduje konieczność prowadzenia rozbudowanych wiązek kablowych o dużych przekrojach pojedynczych przewodów,
- dużym poborem mocy przez elementy sterujące i obwody sterujące elementów wykonawczych,
- brakiem możliwości prostej rozbudowy układów sterujących, co powoduje konieczność:
  - wymiany układów sterujących w modernizowanym podsystemie lub w całym pojeździe,
  - dobudowywania kolejnych układów sterujących do już istniejących, co prowadzi do wzrostu gabarytów przestrzennych oraz ilości połączeń przewodowych.

## 2.1. Modernizacja istniejących pojazdów

Wymagania dla pojazdów inżynieryjnych należy rozpatrywać oddzielnie dla modernizacji pojazdów obecnie eksploatowanych oraz dla pojazdów nowo opracowywanych.

Wymagania dla pojazdów modernizowanych obejmują:

- określenie potrzeb modernizacji określonych obszarów konstrukcji pojazdu inżynieryjnego (np. zaprzestanie produkcji zastosowanych zespołów),
- analizę dotychczasowej konstrukcji układów sterujących,
- analizę układów sterujących pod kątem modernizacji i zmienności potrzeb,
- zapewnienie spełnienia wymagań obsługowo-eksploatacyjnych dla modernizowanych obszarów konstrukcji pojazdu inżynieryjnego,
- uwzględnienia ograniczeń w konstrukcji układów sterujących wykonanych w technologii przekaźnikowo-stykowej oraz połączeniach przewodowych punkt-punkt.

Przyglądając się tendencjom rozwojowym można przyjąć, że szacunkowy czas życia pojazdów wynosi 25 do 35 lat. W tym okresie pojazdy będą podlegać remontom i modernizacjom [10]. Porównując rozwiązania konstrukcyjne pojazdów, należy je podzielić na projekty nowych i na modernizacje lub modyfikacje istniejących.

Modyfikacja obejmuje swym zasięgiem takie zmiany w konstrukcji, które nie wpływają na zmianę parametrów technicznych, jak również realizowanych funkcji. Natomiast modernizacja zakłada głębokie zmiany, których celem powinna być poprawa parametrów technicznych i funkcji układów sterujących, dająca w konsekwencji unowocześnienie konstrukcji i poprawę parametrów obsługowo eksploatacyjnych [10].

Przy opracowaniu układów sterujących dla pojazdów inżynierskich modernizowanych w tradycyjnej technologii można wyróżnić następujące etapy:

- opracowanie algorytmu pracy modernizowanych obszarów pojazdu inżynierskiego,
- opracowanie struktury sterującej podsystemu,
- dobór podzespołów: czujników, paneli sterujących, elementów wykonawczych, podzespołów sterujących,
- wykonanie układu sterującego dla danego pojazdu:
  - opracowanie układów sterujących w oparciu o przyjęte podzespoły sterujące, w tym obwodów drukowanych,
  - opracowanie pulpitów sterujących, układów pośredniczących i skrzynek rozdzielczych,
  - opracowanie połączeń kablowych dla danego pojazdu,
  - opracowanie procedur strojenia i regulacji układów sterujących oraz wyposażenia pojazdu.

Modernizacja pojazdów inżynierskich bez zmiany technologii systemów sterowania prowadzi do:

- komplikacji układów sterujących, regulacyjnych i diagnostycznych, co powoduje utrudnienie procedur montażu, uruchamiania, strojenia a także naprawy układów sterujących i wyposażenia pojazdów,
- pogorszenia warunków pracy załogi, w wyniku ograniczenia przestrzeni wnętrza pojazdu przez dodatkowo zabudowane układy rozdzielcze i sterujące oraz wiązki kablowe,
- braku wyszkolonych załóg do obsługi pojazdów inżynierskich, przy planowanym skróceniu czasu służby poborowych do 9-ciu miesięcy, gdyż operatorzy celem opóźnienia obsługi będą musieli przejść długotrwałe specjalistyczne przeszkolenie.

Sytuacja tak może doprowadzić do tego, że z powodu skomplikowanej obsługi i braku przeszkolonych operatorów eksploatacja zmodernizowanych pojazdów będzie utrudniona.

## 2.2. Nowe rozwiązania konstrukcyjne

Jedynym słusznym rozwiązaniem jest poszukanie technologii, która pozwoliłaby na wyeliminowanie tych wszystkich problemów. Wymagania te mogą zostać spełnione przy zastosowaniu nowej technologii budowy instalacji sterujących w pojazdach [8],[10]. Technologia ta zakłada wykorzystanie szeregowego przesyłu danych pomiędzy zespołami instalacji elektrycznej. Szczegóły konstrukcyjne ewoluowały przez wiele lat. W ich efekcie powstało wiele metod szeregowego przesyłu danych. Metody ewoluowały od łączenia pojedynczych urządzeń (RS232, RS422) do łączenia kilku lub kilkunastu urządzeń (MIL 1553B, RS485, ETHERNET, itp.). System łączenia wielu urządzeń jest nazwany połączeniami sieciowymi.

Obecnie występuje wiele standardów połączeń sieciowych. Ze względu na zastosowania można je podzielić na następujące grupy obejmujące swym zasięgiem:

- miasta, państwa, kontynenty – np. INTERNET,
- fabryki, budynki, rozległe obiekty przemysłowe – np. PROFIBUS, MODBUS PLUS, INTERBUS, ETHERNET
- samochody, samoloty, pojazdy wojskowe, ciężarówki, maszyny budowlane – np. Mil STD 1553B, CANBus.

Wykorzystanie połączeń sieciowych umożliwia rozwiązanie wielu problemów, które występują przy eksploatacji pojazdów. Nie są one pozbawione również wad. Jedną z nich,

która dotychczas ograniczała rozwój były wysokie koszty sprzętowe. Magistrala wykonana wg MIL 1553B była niezawodna i bardzo kosztowna. Rozwój sieci [6] zaowocował powstaniem alternatywnych niskonakładowych standardów.

### 3. SIEĆ CANBUS

Wybór standardu sieci, którą można zastosować nie jest prosty. Do niedawna standard MIL STD 1553B [4] był jedynym który spełniał wymagania stawiane dla pojazdów specjalnych. Konkurencja i ekonomia wymusiły poszukiwania alternatywnych rozwiązań. Efektem tych poszukiwań jest standard CANBus 2.00B [1,2,3,5], który jest obecnie liderem w konstrukcjach pojazdów cywilnych, a ostatnio także w pojazdach specjalnych.

CANBus czyli Controller Area Network Bus jest szeregowym systemem przesyłania danych czasu rzeczywistego o szybkości transmisji do 1Mb. CANBus charakteryzuje się prostotą, niską ceną oraz wysoką niezawodnością transmisji, również w trudnych warunkach elektrycznych [6]. CANBus jest aktualnie standardem międzynarodowym udokumentowanym jako ISO 11898, który obejmuje warstwę fizyczną oraz data-link w odniesieniu do modelu ISO/OSI, a układy scalone z protokołem CANBus są obecnie oferowane przez wielu producentów.

Popularność standardu CANBus jest tak duża, że obecnie nie widać dla niego konkurenta, a wielu producentów podzespołów automatyki i sterowania wykorzystuje ten standard do integracji swoich produktów.

Przyglądając się wymaganiom stawianym współczesnym pojazdom inżynieryjnym i logistycznym [10] wydaje się, że wykorzystanie cyfrowych sieci do integracji zróżnicowanego wyposażenia jest jedyną słuszną drogą.

Unifikacja pojazdów ze względu na zróżnicowane przeznaczenie możliwa jest w obrębie instalacji elektrycznych i sterowania. Postęp znacznie wyprzedza możliwości finansowania modernizacji pojazdów specjalnych. Jedyną drogą jest wprowadzenie rozwiązań pozwalających na elastyczne projektowanie instalacji których rozwój nie jest związany z dużymi nakładami na zmiany w modernizowanych pojazdach.

### 4. WNIOSKI

Poniżej przedstawione są zalety i wady omówionych rozwiązań.

	Konstrukcja oparta na tradycyjnej filozofii projektowania instalacji elektrycznej i sterowania	Konstrukcja oparta na wykorzystaniu cyfrowej sieci informatycznej projektowania instalacji elektrycznej i sterowania
Zalety	<ul style="list-style-type: none"> <li>• średni koszt projektu</li> <li>• brak wymaganych specjalistycznych narzędzi diagnostycznych</li> <li>• jednolitość wykonania pojazdu</li> <li>• niższe wymagania sprzętowe dla wykonywania napraw i remontów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• niski koszt projektu, przy założeniu wprowadzenia nowych rozwiązań do pierwszego projektu</li> <li>• opracowanie jednej konstrukcji bazowej układu sterującego,</li> <li>• niski koszt produkcji seryjnej</li> <li>• niski koszt modernizacji (przewidywany czas zmiany podzespołów ok. 5 lat przy czasie życia pojazdu 25 do 35 lat)</li> </ul>

	Konstrukcja oparta na tradycyjnej filozofii projektowania instalacji elektrycznej i sterowania	Konstrukcja oparta na wykorzystaniu cyfrowej sieci informatycznej projektowania instalacji elektrycznej i sterowania
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• możliwość wydłużenia czasu życia pojazdu</li> <li>• opracowanie opcji wykonania bez konieczności zmian w konstrukcji bazowej układu sterownia, za wyjątkiem ewentualnych zmian w oprogramowaniu</li> <li>• niski koszt wprowadzania nowych lub zmodernizowanych systemów i podsystemów np. łączności, systemów wykrywania broni ABC</li> <li>• prosta obsługa i eksploatacja, pozwalająca na szybkie przyuczenie operatorów</li> <li>• prosta i szybka lokalizacja usterek i awarii</li> <li>• możliwość zdalnego sterowania pracą oprzyrządowania</li> <li>• ograniczenie napraw przez użytkownika do wymiany uszkodzonych modułów lub podzespołów, zdiagnozowanych autotestowaniem</li> </ul>
Wady	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wysoki koszt modernizacji wymagający wykonania jej u producenta</li> <li>• bardzo czasochłonny montaż, uruchomienie i strojenie układów sterujących i wyposażenia</li> <li>• po upływie 7 do 10 lat problemy z dostępnością podzespołów do serwisowania pojazdu</li> <li>• wysokie koszty produkcji części zamiennych, wzrastające z upływem czasu</li> <li>• wysokie koszty serwisu producenta ze względu na brak diagnostyki</li> <li>• wysokie kwalifikacje personelu technicznego w czasie produkcji i eksploatacji</li> <li>• wysokie kwalifikacje operatorów (konieczność specjalistycznych szkoleń)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wysoki koszt wprowadzenia nowych rozwiązań skumulowany dla pierwszego pojazdu</li> <li>• wysokie wymagania i kwalifikacje producenta i obsługi serwisowej sprzętu</li> <li>• zmniejszenie rangi wojskowych zakładów remontowych i przeniesienie obowiązków na producenta sprzętu (duża różnorodność wersji wykonania)</li> </ul>

## 5. LITERATURA

[1] CAN Specification VER. 2.0 1991, Robert Bosch GmbH, Postfach 50, D-7000

- Stuttgart 1
- [2] CAN Bus Industrial Applications authored by Leisa Morello, Brian Christie, Geordie Plumb and Tom Swann
  - [3] Signal Specifications - authored by Leisa Morello, Brian Christie, Geordie Plumb and Tom Swann
  - [4] MIL-STD-1553 Desainers's Guide, 1998 ILC Data Device Corporation
  - [5] CAN Specification ver 2.0 1991 BOSCH GmbH
  - [6] JURA J. Rozwój cyfrowych sieci informatycznych integrujących wyposażenie elektryczne pojazdów o przeznaczeniu specjalnym., Biuletyn Naukowo–Techniczny SPG nr 13/2000 OBRUM – Gliwice, 2000, s.143-147
  - [7] Układ sterowania zespołu automatycznego minowania SUM, OBRUM – Gliwice,1990 (Praca niepublikowana)
  - [8] BESKID-3 Symulator czołgu PT91, OBRUM – Gliwice, 1999 (Praca niepublikowana)
  - [9] FS-FET Studium Wykonalności Przyszłościowego Pojazdu Inżynierskiego, OBRUM – Gliwice, 2000 (Praca niepublikowana)
  - [10] Modernizacja układu sterowania osprzętem MID, OBRUM – Gliwice, 2001 (Praca niepublikowana)

## **DESIGN OF CONTROL SYSTEMS IN ENGINEERING VEHICLES BASED ON INTEGRAL UNITS CONNECTED BY MEANS OF DIGITAL DATA BUS**

**Abstract:** Development of engineering vehicles is not only related to changes in mechanical parameters. Development of control systems plays a major role. Problems difficult to solve by means of mechanical engineering are solved using electronic control systems. The paper presents comments based on the authors' conceptual work.

Recenzent: dr inż. Zbigniew RACZYNSKI