

Jacek **BARCIK**
Sebastian **CHWIEDORUK**
Jerzy **JURA**
Gabriel **KOST**
Jerzy **ŚWIDER**

ROZPROSZONY SYSTEM STEROWANIA MASZYNAMI ROBOCZYMI

Streszczenie: rozwój automatyki i komputeryzacja techniki umożliwiają sterowanie złożonymi procesami kontroli, automatycznego nadzoru, pracą i obsługę różnorodnych, zaawansowanych technologicznie urządzeń i procesów. W pracy przedstawiono problem wykorzystania metody sterowania rozproszonego do nadzoru, diagnostyki i sterowania urządzeniami wyposażenia specjalnego inżynierskiej maszyny drogowej. Omówiono podstawowe założenia projektowanego układu sterowania rozproszonego, warunki jakie musi on spełniać w odniesieniu do systemu sterowania osprzętem specjalnym maszyny inżynierskiej.

Słowa kluczowe: maszyna inżyniersko-drogowa, sterowanie w układzie rozproszonym, algorytm sterowania.

1. WSTĘP

Rozwój nowoczesnych systemów elektroniki obejmuje obecnie wszystkie dziedziny życia, od urządzeń powszechnego użytku, aż do systemów z obszaru wysoko zaawansowanych technologii. Systemy te wykorzystywane są do coraz powszechniejszych układów sterowania urządzeniami mechanicznymi, a ich głównym zadaniem jest sterowanie zautomatyzowanym cyklem pracy o znacznej złożoności realizowanych zadań. Złożoność ta, wraz z rozwojem techniki cyfrowej, algorytmów zbierania i przetwarzania danych o sterowanym procesie i metod ich transmisji jest coraz większa, szczególnie w odniesieniu do złożonych układów mechanicznych. Obok sterowniczych zadań oddziaływania na różnego rodzaju układy wykonawcze (napędy hydrauliczne, elektryczne itp.), systemy te realizują również złożone funkcje monitorowania sterowanego procesu i zbierania danych o jego stanie oraz przebiegu. Ułatwia to i znacznie przyspiesza problem sterowania logicznie i funkcjonalnie złożonymi procesami, dla których zadanie analizy danych jest jednym z najważniejszych, gwarantujących prawidłowy i niezakłócony przebieg sterowanego procesu. Dzięki temu procesy te, mimo znacznej złożoności, są prostsze w obsłudze, pewniejsze, szybsze i bardziej odporne na wszelkiego rodzaju zakłócenia, nie wyłączając błędów obsługi, a tym samym zmniejszają do minimum prawdopodobieństwo wystąpienia awarii.

Jednym z takich procesów sterowania o dużej złożoności logicznej, w którym problem akwizycji danych jest podstawą podejmowanych decyzji i gwarancją poprawności działania złożonego układu mechanicznego, w którym dodatkowym czynnikiem utrudniającym realizowanie tego procesu są warunki otoczenia obiektu sterowanego, jest problem sterowania maszyną inżynierską przeznaczoną do realizacji swoich zadań w trudnych warunkach eksploatacyjnych.

2. MASZYNA INŻNIERYJNO-DROGOWA MID

Maszyna inżyniersko-drogowa MID (rys. 1) jest pojazdem należącym do grupy wojskowych pojazdów zabezpieczenia technicznego, przeznaczonym do wykonywania szerokiej gamy 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 niewybuchowych, mechanizacji prac przeładunkowych, wyciągania i holowania niesprawnych pojazdów bojowych itp. w różnych warunkach terenowych i atmosferycznych.



Rys. 1. Widok maszyny inżynierjno-drogowej MID [1]

Wyposażenie pojazdu MID, oprócz typowego, charakterystycznego dla wozów o przeznaczeniu wojskowym, obejmuje również dodatkowe wyposażenie specjalne, przeznaczone do realizacji zadań inżynierskich. Jest to [1,5]:

- a) spychacz,
- b) wyciągarka główna liny o uciążu 300 kN i długości roboczej liny 200 m,
- c) wyciągarka pomocnicza o uciążu 20 kN i długości liny 400 m,
- d) wysięgnik-manipulator o udźwigu 7 Mg i zasięgu w granicach 5.94÷7.94 m, wyposażony w wymienny osprzęt roboczy: łyżkę do prac ziemnych, chwytak szczękowy, zrywak o sile zrywania równej 70 kN;
- e) elektryczne urządzenie spawalnicze o natężeniu prądu spawania od 60÷250A, zasilane z prądnicy – rozrusznika o mocy 10kVA.

Podstawowy problem w pojeździe MID stanowią sterowanie i czynności operatorskie, związane ze sterowaniem i wykorzystaniem do robót inżynierskich wyposażenia specjalnego. Zadania te prowadzone są bowiem w trudnych warunkach terenowych i logistycznych. Złożoność procedur sterowania tymi urządzeniami, konieczność zbierania wielu danych o ich stanie, (np. z czujników stanowiących zabezpieczenie przekroczenia znamionowych parametrów pracy) sprawia, że elementy te wymagają specjalnych rozwiązań sterowniczych wynikających ze specyfiki pracy urządzenia.

2.1. Charakterystyka układu sterującego

Z oceny aktualnego stanu układu nadzorującego i sterującego pracą poszczególnych podzespołów funkcjonalnych wyposażenia specjalnego pojazdu MID wynika, że jest to układ charakteryzujący się następującymi cechami [1,5]:

- rozdzieleniem funkcji sterujących dla poszczególnych podzespołów wyposażenia specjalnego (manipulator, spychacz, wyciągarka główna i pomocnicza, pulpity sterujące, sterowanie awaryjne),

- każdy z elementów wyposażenia specjalnego charakteryzuje się swoją specyfiką funkcjonowania, jest niezależnie sterowany i oczujnikowany,
- wszystkie elementy są zasilane z tego samego generatora ciśnienia hydraulicznego w układach wykonawczych,
- sterowanie poszczególnych podzespołów realizowane jest za pomocą osobnych pulpitów sterujących (wyciągarki, wysięgnik – manipulator, spychacz), posiadających również funkcje sterowania awaryjnego,
- sygnały informacyjne i serwisowe przesyłane są z każdego podzespołu do pulpitu sterującego i sygnalizowane odpowiednim sygnałem,
- sygnały serwisowo-informacyjne generują kod alarmu sygnalizowany odpowiednim komunikatem na tablicy sterowania osprzętem wewnątrz wozu,
- wszystkie sygnały sterujące z pulpitów sterują układem siłowym, podając napięcia na odpowiednie, proporcjonalne rozdzielacze elektrohydrauliczne.

Dotychczasowa tendencja konstruowania układu sterowania osprzętem specjalnym maszyny inżynieryjno-drogowej MID opierała się na jednym wyspecjalizowanym sterowniku, realizującym wszystkie funkcje sterownicze całego układu. Układ ten, mimo pewnej prostoty, jest w maksymalnym stopniu scentralizowany i cechuje się istotnymi wadami, do których należy zaliczyć [1,5,6]:

- centralizację procedur sterujących [2,3,4], powodującą znaczną rozbudowę i złożoność algorytmiczną oprogramowania sterującego pracą sterownika i brak możliwości (lub ich znaczne ograniczenie) rozdzielenia specjalistycznych funkcji sterujących dla poszczególnych układów wykonawczych,
- znaczną podatność na awarie – centralizacja wszystkich funkcji sterowniczych (diagnostyka, sterowanie, akwizycja i analiza danych) w jednym układzie, którego awaria eliminuje możliwość pełnego sterowania całym układem,
- ograniczenie możliwości poszerzenia funkcji diagnostycznych układu (logging), w wyniku ograniczonej liczby wejść i wyjść oraz ograniczonej pojemności pamięci sterownika,
- ograniczenie możliwości pełnej komunikacji – ograniczenie rozbudowy systemu o dodatkowe układy komunikacji (inteligentny panel operatorski) oraz analizy danych.

Z tych powodów obecny układ sterowania wyposażeniem specjalistycznym pojazdu MID nakłada zbyt duże ograniczenia, szczególnie z punktu widzenia jego rozbudowy, i jest zbyt mało funkcjonalny. Dlatego też konieczne stało się wyeliminowanie wad istniejącego układu poprzez opracowanie nowego, opartego na idei sterowania rozproszonego (projekt nr R00 010 02, finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, decyzja nr 0021/R/2/T00/06/02 z dnia 12.X.2006), przez co oczekuje się uzyskać:

- poprawę efektywności i niezawodności układu sterowania,
- zwiększenie technologiczności i możliwości serwisowych układu rozproszonego,
- zwiększenie elastyczności przy rozbudowie i integracji innych zespołów sterujących pojazdu.

3. ROZBUDOWA UKŁADU STEROWANIA POJAZDU MID

3.1. Koncepcja sterowania rozproszonego wyposażeniem specjalnym pojazdu MID

Z analizy istniejącego stanu sterowania osprzętem specjalnym maszyn i wozów inżynieryjnych na świecie wynika, że główną tendencją rozwojową układów sterujących tym osprzętem jest rozbicie funkcji sterujących na kilka układów, z których jedną grupę stanowią podstawowe i ogólne funkcje diagnostyczno – sterujące, drugą zaś układy sterowania wyposażeniem pojazdu rozproszone ze względu na zadania i wymagania niezawodnościowe, które wiążą się z koniecznością zapewnienia wielu stanów pracy pojazdu tak, by awaria jednego układu nie eliminowała pozostałych z działania. Rozproszenie układu sterowania,

zarządzanie komunikacją i sterowaniem pracą poszczególnych zespołów wyposażenia pojazdu powinno zatem być realizowane poprzez [1,5,6]:

- opracowanie funkcji nadzoru i diagnostyczno - sterujących całości układu sterowania,
- zbieranie oraz selekcję danych z poszczególnych podzespołów i ich diagnostykę,
- realizację procedur komunikacji pomiędzy poszczególnymi wyspecjalizowanymi układami, związanymi z poszczególnymi grupami wyposażenia (lub pojedynczym wyposażeniem) oraz generowanie przerw całkowitego układu,
- przejmowanie ograniczonych działań sterujących poszczególnym osprzętem w sytuacji wystąpienia awarii w układzie sterowania tym osprzętem.

Spośród różnych koncepcji budowy systemów rozproszonych wydaje się, że w przypadku układu, jakim jest omawiany wóz MID, w którym rozproszenie dotyczy sterowania różnymi mechanicznymi elementami wyposażenia specjalistycznego, właściwe będzie wykorzystanie układu obiektowego [2,3,4,5,6] opartego na modelu obiektu sterowanego, którym będzie model konstrukcyjny wozu MID [1,5,6]. Pozwala on na wyróżnienie wszystkich podzespołów mechanicznych, związanych z jego wyposażeniem specjalnym oraz spójny z nim układ proporcjonalnego sterowania elektrohydraulicznego [1,5,6,7] jako układ, na który oddziałują bezpośrednio sygnały generowane przez układ wyspecjalizowanego sterowania, rezydujący na sterowniku mobilnym (element projektowanego sterowania rozproszonego).

Ważnym elementem budowy rozproszonego układu sterowania jest komunikacja pomiędzy wszystkimi elementami układu. Zakłada się, że komunikacja powinna [5,6,7]:

- gwarantować szybką i pewną transmisję danych pomiędzy elementami układu,
- zapewniać wzajemny dostęp każdego sterownika w trybie przerw i zapytań,
- umożliwiać rozbudowę układu poprzez poszerzenia możliwości akwizycji danych z obiektu sterowanego,
- umożliwiać pracę układu w trybie pracy awaryjnej,
- zapewniać bezpieczeństwo pracy układu i być odporną na zakłócenia z zewnątrz,
- umożliwiać rozbudowę układu poprzez zwiększenie specjalizacji poszczególnych sterowników (dodanie dodatkowych sterowników, elementów komunikacji, paneli sterujących itp.).

Warunki te spełniają sieciowe metody komunikacji (sterowania) i transmisji danych. Wysokie wymagania dla obiektu sterowanego (pojazdu wojskowego) wymusiły wybór standardu komunikacji i sterowania zgodny z standardem sieci CAN.

3.2. Założenia projektu

Przystępując do rozwiązania układu sterowania rozproszonego, spełniającego omówione wcześniej warunki, przyjmuje się następujące założenia [5,6]:

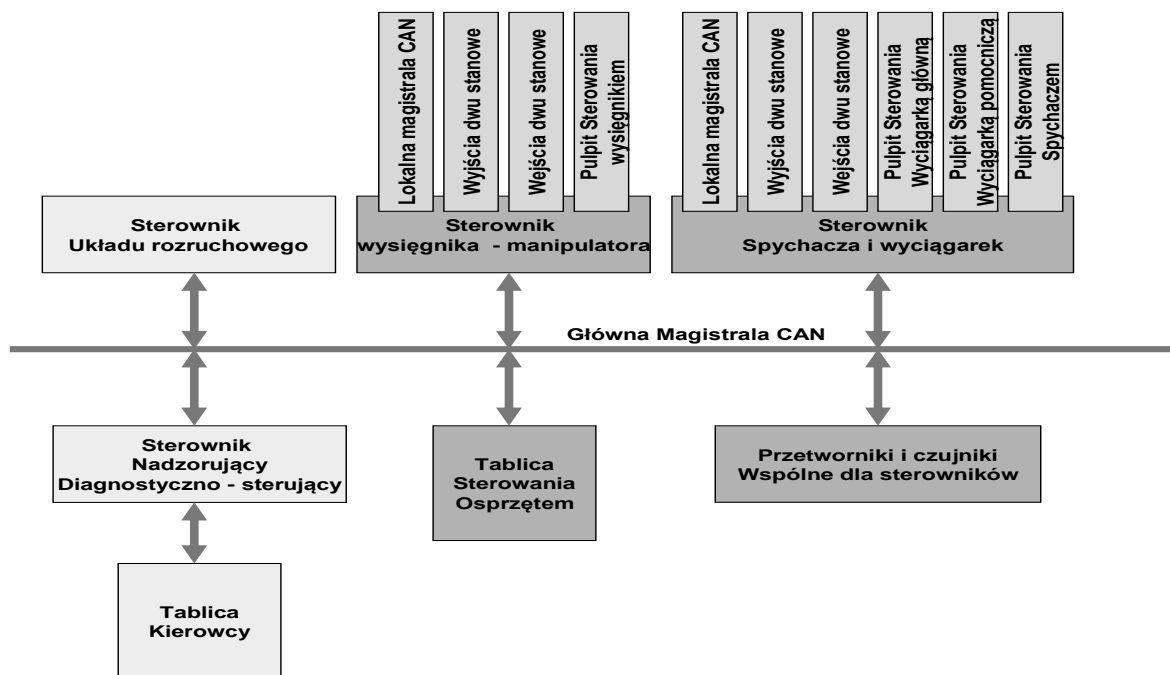
- rozbudowa układu sterowania rozproszonego pojazdem MID realizowana jest na bazie istniejącego układu sterowania,
- układ rozproszony powstaje poprzez rozdzielnie funkcji na dwa sterowniki do obsługi logicznie jednorodnego układu mechanicznego (sterownie elektrohydrauliczne proporcjonalne na bazie siłowników i silników hydraulicznych) i rozdzielnie logicznie procedur sterowania układem w taki sposób, że z algorytmu sterowania wydzielone zostaną elementy sterowania najbardziej złożonym układem mechanicznym, jakim jest manipulator do jednego sterownika, a pozostałe do drugiego,
- wykorzystanie sterowników mobilnych z modułami sieciowymi CAN,
- zapewnienie bezpieczeństwa pracy układu i odporności na zakłócenia poprzez rozdzielnie obiegu danych na dwa obszary objęte siecią CAN: zewnętrzny – globalny, przeznaczony do realizacji funkcji sterowania nadrzędnego i diagnostyki układu oraz wewnętrzny -

lokalny przeznaczony do sterowania urządzeniami wyposażenia specjalnego i współpracujący z projektowanym interfejsem człowiek-maszyna,

- umożliwienie w szerokim zakresie akwizycji danych z układu, dzięki układowi sterowania otwartego, pracującego w oparciu o sieciowy standard komunikacji CAN,
- przygotowanie warunków do pełnego logingu danych, obejmującego zarówno sferę funkcjonalną pojazdu (diagnostyka wozu), ale również jak i zbieranie danych z otoczenia,
- opracowanie systemu komunikacji w celu poprawy cech funkcjonalnych układu sterowania i odporności na zakłócenia ze strony operatora i uzyskanie możliwości łatwiejszej diagnostyki oraz weryfikacji zbieranych danych,
- planowana do wykorzystania w wozie MID sieć CAN będzie siecią przewodową czasu rzeczywistego typu *fieldbus*, o strukturze magistrali opartej o uniwersalne sterowniki mobilne InterControl z interfejsami CAN.

W projektowanym rozwiązaniu sieci proponuje się przyjąć następujące szczegółowe założenia [5,6]:

- sieć zaprojektowana zostanie w topologii szyny, z dwoma magistralami: zewnętrzną (warstwa obiektowa) i wewnętrzną (warstwa transferowa);
- sieć pracować będzie w standardzie transmisji danych (protokół) typu M-M (*Multi-Master*), opartym na *arbitrażu*, co eliminuje konieczność adresowania transferu informacji, a każdy węzeł sieci jest „równowartościowy” (odrzuca się komunikację opartą na protokole „każdy-z-każdym”/ *peer-to-peer, P2P*);
- wykorzystanie protokołu M-M stworzy podstawy sieci typu „open”, tzn. takiej, której rozbudowa nie stwarzać będzie problemów aplikacyjnych i stworzy możliwość swobodnej rozbudowy sieci (większe rozproszenie),
- ze względu na stopień rozproszenia projektowanego układu (rys. 2), proponuje się, by projektowana sieć pracowała w oparciu o standardową ramkę w formacie standardu CAN 2.0A, charakteryzującą się 11 bitowym identyfikatorem telegramu, a szybkość transmisji danych ustalona zostanie na poziomie 125 kbit/s.



Rys. 2. Ideowy schemat blokowy rozproszonego układu sterowania wozu MID [3]

Przyjmuje się, że opracowany system sterowania rozproszonego umożliwi dostosowanie go do nowoczesnych standardów, obowiązujących dla tego typu maszyn inżynierjno-drogowych na świecie.

4. UKŁAD STEROWANIA ROZPROSZONEGO OSPRZĘTEM SPECJALNYM

Podstawowym elementem nowej koncepcji (rys. 2) jest wykorzystanie do sterowania sterowników mobilnych, dla których zostaną rozdzielone funkcje, obejmujące następujące zadania sterownicze [5,6,7]:

- realizację procedur sterowania nadrzędnego całości układu,
- realizację komunikacji w zamkniętym torze danych:
- obsługę procedur komunikacji: operator-system-operator,
- selekcję danych diagnostycznych.

Ze względu na złożoność wymaganych procedur sterowania rozproszonego, jak również warunków, wymagań i parametrów funkcjonalno-użytkowych sterowanych układów, sterowniki przeznaczone będą do sterowania wszystkimi elementami wyposażenia specjalistycznego wozu MID [5,6,7]:

- jeden SW będzie obsługiwał wszystkie funkcje wysięgnika z jego elementami roboczymi (chwytak, zrywak i łyżka),
- drugi SSW przeznaczony będzie do realizacji zadań sterowniczych spychacza, wyciągarki głównej i wyciągarki pomocniczej.

Podział taki jest uzasadniony złożonością procedur sterowania wysięgnikiem i loggingiem stanu pracy urządzenia.

Ze względu na otwartość nowej, rozproszonej struktury projektowanego układu przyjmuje się możliwość wykorzystania w szerszym zakresie niż dotychczas koncentratorów danych tak, by cały układ docelowo dawał możliwość (w razie potrzeby) rozbudowy o kolejne specjalizowane sterowniki mobilne, przeznaczone do bezpośredniego sterowania poszczególnymi układami wyposażenia wozu MID (docelowo jeden układ - jeden sterownik) i pełnego loggingu danych. Elementami, które - jak się przewiduje - będą miały istotny wpływ na te zmiany będą:

- rozdzielenie cyfrowej magistrali danych CAN na dwa tory: zewnętrzny i wewnętrzny,
- umożliwienie wpięcia do obwodu danych dodatkowych koncentratorów, umożliwiających akwizycję danych zewnętrznych z układów wspólnych,
- opracowanie algorytmów sterujących wozem MID w układzie otwartym,
- nowej generacji panel sterujący (interfejs człowiek-maszyna), pozwalający na inteligentną komunikację wielu układów sterowania z operatorem [5,6].

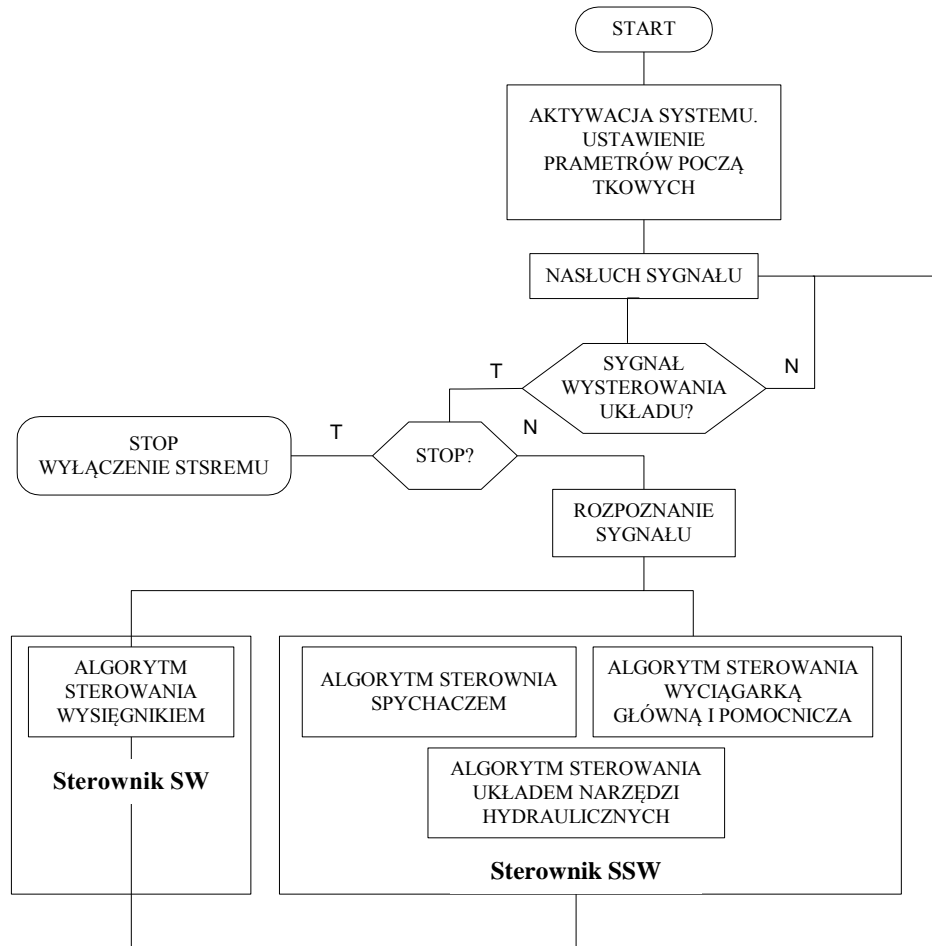
5. SCHEMATY BLOKOWE UKŁADU STEROWANIA ROZPROSZONEGO

W oparciu o przyjęte założenia opracowano ogólne algorytmy układu sterowania osprzętem specjalnym wozu MID. Opisują one sposób działania układu sterowania rozproszonego w podstawowych obszarach funkcjonowania [8,9]:

- modułu nadrzędnego, sterującego aktywacją systemu i logiką pracy całego układu,
- modułu nadrzędnego oprogramowania związanego ze sterownikiem sterującym wysięgnikiem,
- modułu nadrzędnego oprogramowania związanego ze sterownikiem sterującym osprzętem.

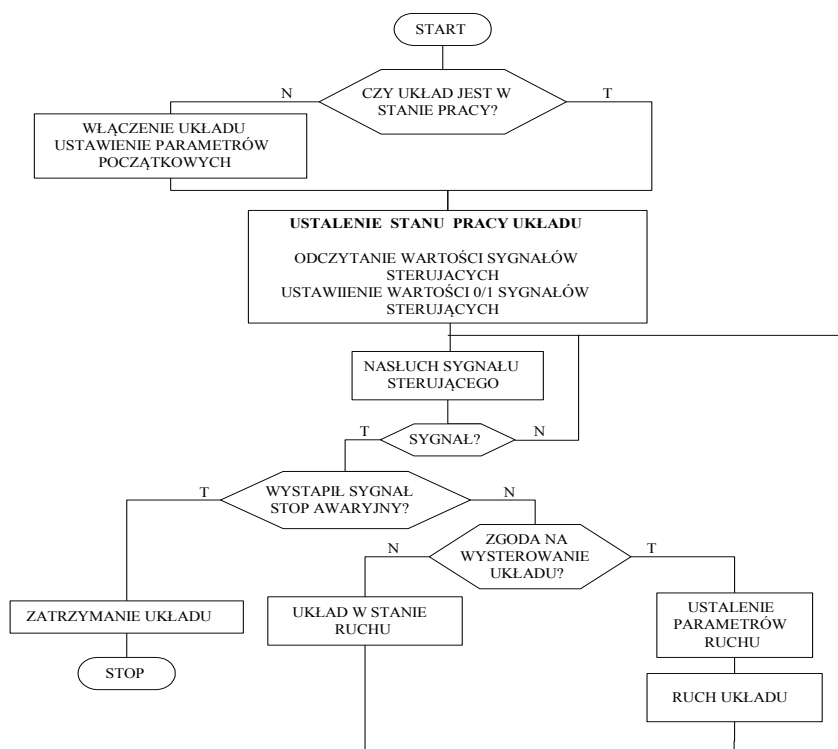
Dla projektowanego układu wykonano [8,9]:

- algorytm nadrzędny systemu rozproszonego, ilustrujący mechanizm sterowania całym układem rozproszonym (rys. 3),
- algorytm nadrzędny sterujący poszczególnymi elementami osprzętu specjalnego (rys. 4).



Rys. 3. Nadrzędny algorytm logiczny układu sterowania

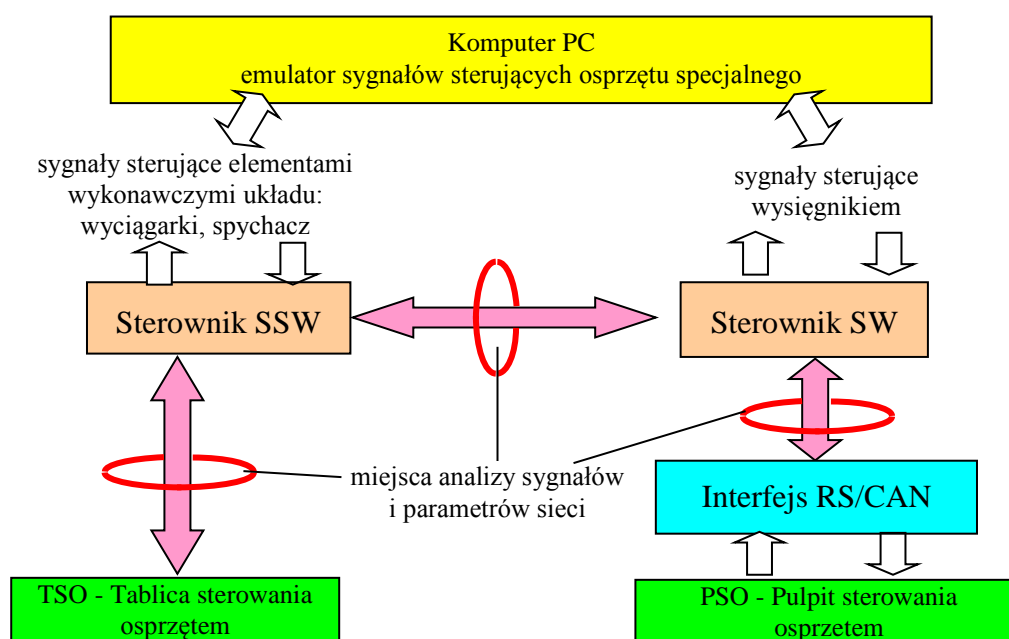
Należy nadmienić, że ze względu na specyfikę poszczególnych elementów osprzętu specjalnego wozu, sposób sterowania elektrohydraulicznego i osensorowania, ogólny algorytm pracy tych podzespołów jest taki sam. Jediną różnicą są dodatkowe moduły programowe przeznaczone do określania kątów ustawienia wysięgnika, które znajdują się w oprogramowaniu sterownika SW. Nie zmienia to ogólnej logiki funkcjonowania tego algorytmu. Natomiast algorytmy szczegółowe różnią się w zakresie zastosowanych rozwiązań wynikających z parametrów sterowanego układu hydraulicznego, odpowiedniego sposobu monitorowania osprzętu, rodzaju sygnałów monitorujących odpowiedniego zespołu osprzętu specjalnego itd. Z tego powodu nie zostały uwzględnione w algorytmie ogólnym (rys. 3).



Rys. 4. Ogólny schemat blokowy sterowania osprzętem specjalnym [8]

6. KONCEPCJA BADAŃ LABORATORYJNYCH

Opracowany wg przedstawionych założeń system sterowania został poddany badaniom laboratoryjnym, które miały na celu sprawdzenie poprawności funkcjonowania opracowanego rozwiązania systemu sterowania rozproszonego w odniesieniu do każdego z elementów osprzętu specjalnego wozu MID. Cel ten osiągnięto instalując opracowany układ sterowania rozproszonego na stanowisku badawczym [2,3,4,7].



Rys. 5. Schemat ideowy laboratoryjnego stanowiska badawczego układu rozproszonego [9]

Opracowano koncepcję modelowanego stanowiska do badań opracowanego systemu, której ideę przedstawiono na rys. 5.

Zadaniem skonfigurowanego stanowiska było stworzenie warunków do normalnej pracy układu, a tym samym sprawdzenie poprawności funkcjonowania jego poszczególnych bloków logicznych, takich jak: sterowniki SSW i SW, elementy komunikacji operator-system. Ze względu na możliwość wystąpienia błędów programistycznych oraz sprzętowych (np. złe połączenia elektryczne w układzie, awaria podzespołów, itp.), ustalono, że wymagania jakościowe i kryteria niezawodności układu wymagają konieczności sprawdzenia nie tylko zachowania elementów wykonawczych układu rozproszonego, ale również weryfikacji:

- poprawności ramki danych sieci CAN,
- parametrów elektrycznych sygnałów sieciowych,
- szybkości transmisji sygnałów sieciowych.

Idea przyjętego do testowania modelu opierała się na założeniu, że podstawowe cele testujące opracowanego oprogramowania mają za zadanie sprawdzić poprawność:

- rozdziału zadań pomiędzy poszczególnymi sterownikami układu rozproszonego, w zależności od wybranej opcji wykorzystania oprzyrządowania specjalnego wozu,
- transmisji informacji (sygnałów) pomiędzy sterownikami – magistrala CAN i elementami sterującymi – sygnały binarne 0/1.

Ocena jakościowa pracy tych układów polegała na analizie wszystkich sygnałów transmitowanych w układzie sterowania rozproszonego (sieciowych i binarnych) związanych ze sterowaniem układami mechanicznymi (elektrohydraulicznymi) – transmisja „in” i „out” oraz ocenie reakcji układu na generowane z pulpitu operatorskiego sygnały sterujące. Wszystkie procedury (etapy) przeprowadzonego procesu testowania sprowadzały się do zrealizowania następujących zadań:

- poprawności inicjowania pracy układu: włącz-wyłącz,
- poprawności i niezawodności działania wykonanych i zaimplementowanych elementów sterujących: złącza, wyłączniki, szczelność układu itp.
- poprawności parametrów generowanych w sieci CAN układu: zasilanie, potencjały, współdziałania wewnętrznego i zewnętrznego toru CAN: format ramki danych, jednoznaczność transmisji i odczytu/zapisu danych,
- reakcji poszczególnych elementów układu wykonawczego na wymuszenia,
- poprawności działania układu rozproszonego: przekazywanie zadań sterujących pomiędzy sterownikami SW, SSW i TSO,
- reakcji układu na działanie elementów interfejsu człowiek-maszyna (wyświetlacz TSO, menu, klawisze funkcyjne, grafika – inklinometr),
- reakcji elementów układu nadzoru i poprawności generowanych komunikatów diagnostycznych,
- reakcji układu na przerwania: stop bezpieczeństwa, awaryjne wyłączenie podzespołów,
- elastyczności układu na brak w układzie wszystkich elementów – podzespołów wyposażenia specjalnego,
- sprawności wykorzystanej sieci CAN (szybkość transmisji danych – szybkość reakcji układu hydraulicznego/mechanicznego).

Na tej podstawie, dla każdego z podukładów wyposażenia specjalnego wozu MID, opracowano szczegółowy plan badań.

6.1. Wyniki i ocena przeprowadzonych badań

Z przeprowadzonych badań wynika jednoznacznie, że proces sterowania żurawiem wozu MID, na bazie sterowania rozproszonego, zachodzi w każdym aspekcie poprawnie.

Dokonywane z wysoką częstotliwością pomiary parametrów pracy układu: pozyskiwane w sieci sygnały diagnostyczne, generowane sygnały sterujące, format danych i szybkość transmisji w całym zakresie spełniły oczekiwania twórców układu. Ostatecznie stwierdzono poprawność pracy całego układu sterowania, w tym wszystkich procedur diagnostyki oprogramowania i układu hydromechanicznego.

7. WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań dotyczących poprawności opracowanego układu sterowania rozproszonego i jego oprogramowania oraz poprawności wykonanych podzespołów (hardware układu) wynika, że układ w pełni spełnia pokładane w nim nadzieje i może zostać zaaplikowany na rzeczywistym obiekcie (MID). Jest to możliwe, gdyż w sposób jednoznaczny stwierdzono, że:

- wszystkie moduły oprogramowania układu pracują w sposób poprawny w zakresie identyfikacji i transmisji danych,
- transmisja sieciowa działa w zakresie parametrów przewidzianych w założeniach [5]: szybkości transmisji (więcej niż 125kbit/s obciążenie sieci mniej niż 60%),
- wszystkie zaprojektowane elementy sprzętowe zostały wykonane poprawnie,
- wykryte podczas testowania błędy zostały w sposób pewny i jednoznaczny usunięte i nie generują nierozpoznanych i niezidentyfikowanych błędów w pracy oprogramowania.

Dodatkowo należy stwierdzić, że uzyskane na etapie badań laboratoryjnych projektowanego układu zadawalające wyniki są rezultatem nie tylko poprawnie wykonanego oprogramowania, ale również prawidłowo zaprojektowanych i wykonanych elementów hardwarowych, co bezpośrednio wynika z prawidłowo postawionych, jednoznacznie zdefiniowanych założeń w początkowych etapach niniejszej pracy.

8. LITERATURA

- [1] Dokumentacja wozu MID, OBRUM, Gliwice.
- [2] A. S. Tanenbaum, M v. Stehen: Systemy rozproszone. Zasady i paradygmaty. Klasyka informatyki. WN-T, Warszawa 2006.
- [3] Andrews G.: Foundations of Multithreaded, Paralel and Distrubuted Programming. Reading, MA, Addison-Wesley 2000.
- [4] Colouris G., Dollimore J., Kindberg T.: Distributed Systems: Concepts and Design. Edition 3. Addison-Wesley, Pearson Education 2001.
- [5] Projekt badawczo-rozwojowy nr R00 010 02. Etap 1. OBRUM 2007, niepublikowane.
- [6] Projekt badawczo-rozwojowy nr R00 010 02. Etap 2. OBRUM 2007, niepublikowane.
- [7] Projekt badawczo-rozwojowy nr R00 010 02. Etap 3. OBRUM 2007, niepublikowane.
- [8] Projekt badawczo-rozwojowy nr R00 010 02. Etap 4. OBRUM 2007, niepublikowane.
- [9] Projekt badawczo-rozwojowy nr R00 010 02. Etap 5. OBRUM 2007, niepublikowane.

DISTRIBUTED SYSTEMS OF WORKING MACHINES

Abstract: Development of automatics and computer techniques allow to utilize different solutions elaborated within this areas of investigations. These solutions could be utilized for controlling the work of technical systems or for automatic supervising and serving technical equipments, for example road-engineering machines. The work presents the utilization of the method of fuzzy control for supervising, diagnostics and controlling the special equipments of a road machine. Also are described the basic assumptions of the elaborated control system, conditions that must be fulfilled by designed system and the architecture of the fuzzy control of a road engineering machine.

Recenzent: dr hab.inż. Edward HRYNKIEWICZ, prof. Politechniki Śląskiej