

Jerzy **JURA**
Norbert **RAWICKI**

MODERNIZACJA UKŁADU STERUJĄCO – DIAGNOSTYCZNEGO POJAZDU MID

Streszczenie: W artykule przedstawiono projekt modernizacji maszyny inżynieryjno-drogowej MID, polegającej na zmianie koncepcji sterowania hydraulicznego, sterowania elektrycznego oraz na wprowadzeniu elementów diagnostyki układu. Koncepcja została wprowadzona do dokumentacji konstrukcyjnej i przebadana w Ośrodku, potwierdzając przyjęte założenia.

1. WSTĘP

Realizacja każdego projektu jest dążeniem do osiągnięcia konstrukcji doskonałej. Na przeszkodzie do osiągnięcia tego celu staje wiele barier. Najtrudniejszą barierą jest cena i niedoskonałość wykorzystywanych technologii. Dużym problemem jest również umiejętność wykorzystywania w konstrukcjach wiedzy z różnych dziedzin nauki.

Przeglądając konstrukcje możemy zauważyć, że powstawały one z wykorzystaniem różnych rozwiązań konstrukcyjnych i technologii. Tworząc konstrukcję dostosowaną do wymagań użytkownika, dochodzimy do konieczności rozwiązania dylematu uzyskania z jednej strony konstrukcji lekkiej, wymagającej małej ilości materiału, mobilnej i łatwej w obsłudze, a z drugiej strony bezpiecznej.

Można stosować różne systemy zabezpieczeń, ale podstawowym kryterium oceny ich jest niezawodność. W wielu konstrukcjach stosowane są sprzęgła przeciążeniowe. Rozwiązanie jest stosunkowo proste i w normalnych warunkach wystarczające. Tego typu elementy stosowane są nawet w zestawach klocków LEGO, czy drukarkach do zabezpieczania silników elektrycznych. Prostota rozwiązania jest jednak wadą tych konstrukcji. Wartość momentu zadziałania zależna jest od temperatury, warunków eksploatacji, pojawienia się zanieczyszczeń.

Inną metodą ochrony konstrukcji przed uszkodzeniem i zapewnienia bezpieczeństwa jest stosowanie hydraulicznych zaworów przelewowych. Te rozwiązania pracują z czystym medium jakim jest olej hydrauliczny, są doskonalsze i bardziej niezawodne w działaniu.

Mechaniczne i hydrauliczne układy zabezpieczające posiadają jedną podstawową wadę. Ich charakter działania nie zawsze zgodny jest z wymaganiami użytkownika, co uniemożliwia osiągnięcie pełnej doskonałości konstrukcji.

Dotychczasowe konstrukcje mechaniczne wspierane były przez układy hydrauliczne. Dalsze poprawienie konstrukcji realizowane może być wyłącznie poprzez wprowadzenie elementów elektronicznych.

Tworzone konstrukcje łączące elementy mechaniczne, hydrauliczne i elektronikę można podzielić na dwie grupy.

Pierwsza z nich charakteryzuje się konstrukcją modułową. Związana jest ona często z modernizacjami konstrukcji. Takim przykładem może być ogranicznik udźwigu w żurawiach.

Konstrukcja ta cechuje się użyciem przetworników wielkości nieelektrycznych takich jak ciśnienie, odkształcenie, kąt czy wydłużenie. Przetwornik z reguły jest związany z jednym

zabezpieczeniem i nie jest wykorzystywany do innych celów. Przetwarzane sygnały są dwustanowe, a wartości ciągle poddawane są komparacji w celu uzyskania sygnałów dwustanowych.

Druga grupa rozwiązań związana jest z zastosowaniem wielu nowych technologii. Konstrukcje te pojawiły się najwcześniej w przemyśle kosmiczno – wojskowym. Rozwiązania były drogie i nie stosowane ani w przemyśle cywilnym, ani w rozwiązaniach dla polskiej armii.

Wprowadzenie nowych technologii do rozwiązań cywilnych pozwoliło dokonać modernizacji jednego z ciekawszych pojazdów inżynieryjnych użytkowanych przez polską armię – maszyny inżynieryjno-drogowej MID.

2. KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA WYROBU

Czołgi saperskie takie jak MID charakteryzują się różnorodnym wyposażeniem i osprzętem inżynieryjnym, co zapewnia realizację zadań stojących przed wojskami saperskimi związanymi z inżynieryjnym zabezpieczeniem ruchu i manewrów wojsk oraz prac ratunkowo-ewakuacyjnych. Pojazdy tego typu, oprócz wykonywania zadań na współczesnym polu walki, odgrywają dużą rolę w niesieniu pomocy technicznej na terenach objętych klęskami żywiołowymi lub katastrofami. Coraz częściej wykorzystywane są również w trakcie misji pokojowych.

Dzięki wyposażeniu pojazdu MID w lemiesz spycharkowy (ustawiany do pracy w dwóch położeniach: czołowym lub w strzałę), wyciągarkę główną i pomocniczą, manipulator z wymiennym osprzętem, takim jak łyżka koparkowa, zrywak zębowy, chwytak szczękowy, zawiesie linowe, urządzenia do cięcia i spawania gazowego i elektrycznego, skrzynię ładunkową i urządzenia sztywnego holu oraz z możliwością podłączenia dodatkowego osprzętu hydraulicznego jak: młot hydrauliczny, wiertnica hydrauliczna, nożyce hydrauliczne czy piłą hydrauliczną, jest on w stanie wykonać większość postawionych mu zadań.



Rys.1. Widok ogólny pojazdu MID

Do napędu i sterowania większości osprzętu służy układ hydrauliczny wraz ze sterowaniem elektrycznym. Sprawność i niezawodność działania wymagają aby pojazd posiadał nowoczesne sterowanie i diagnostykę układu, która jest jednym z istotnych problemów w wyrobie.

3. ZAŁOŻENIA DO MODERNIZACJI WYROBU

Podstawowymi założeniami do modernizacji były:

- wprowadzenie nowych technologii,
- zastąpienie starych i nie produkowanych zespołów nowymi,
- wprowadzenie diagnostyki zespołów hydraulicznych,
- przystosowanie układu sterowania osprzętem do zdalnego sterowania,
- obniżenie wagi oraz kosztów zakupu podzespołów układu hydraulicznego,
- skrócenie procesów montażu i uruchomienia dających w efekcie obniżenie pracochłonności.

4. UKŁAD HYDRAULICZNY PRZED MODERNIZACJĄ

Układ hydrauliczny przed modernizacją zasilany był z 2 pomp tłoczkowych A7V060DRS i A7V107DRS współpracujących z blokami mobilnymi 6M5-20 i 2SP12. Układ zasilał wyciągarkę pomocniczą, obrót wysięgnika, pochylanie wysięgnika, wysuw członu wysięgnika, obrót manipulatora, pochylanie łyżki, zacisk chwytaka, obrót chwytaka, podnoszenie lemiesza. Dodatkowo zastosowano pompę zębatą PZ2 do zasilania bloku sypcharkowego służącego do ustawienia lemiesza do pozycji czołowej i strzała, do blokowania tych pozycji oraz do blokowania zawieszenia. W układzie hydraulicznym zastosowany był jeden manometr zegarowy przełączany obrotowo na niektóre gałęzie robocze układu. Ze względu na brak możliwości pełnego obrotu wysięgnika, jego ruchy były ograniczane wyłącznikami krańcowymi sterowanymi krzywkami. Podstawowe parametry do regulacji osi uzyskiwano ze stanowiska stendowego. W związku z rozbiciem bloków sterujących i zastosowaniem dwóch pomp, zrezygnowano z kojarzenia ruchów roboczych. Układ posiadał na niektórych osiach oscylacje trudne do wyeliminowania. Połączenia między poszczególnymi komponentami były wykonane z rur hydraulicznych zakończonych końcówkami kulistymi do nich przyspawanymi.

5. UKŁAD STEROWANIA ELEKTRYCZNEGO PRZED MODERNIZACJĄ

Układ sterowania elektrycznego oparty był o analogowe moduły sterowania proporcjonalnego połączone z logiką przekaźnikową. Moduły analogowe posiadały dużą ilość potencjometrów do regulacji swoich charakterystyk.

Układ posiadał cztery podstawowe wady:

- nie był przystosowany do sterowania elektrozaworami zmodernizowanego bloku hydraulicznego,
- logika wyłączników krańcowych i przekaźników posiadała hazardy (z zależności od czasu zadziałania przekaźników wynik funkcji logicznych był różny),
- regulacja modułów analogowych robiona była na „oko” i przy długim czasie pomiędzy kolejnymi egzemplarzami znacznie wydłużał się czas regulacji układu hydraulicznego,
- wady i niedomagania sterowania były poprawiane zapisami instrukcji eksploatacyjnej.

Po dokładnej analizie, żaden element układu sterowania elektrycznego nie został przeniesiony do modernizowanego układu.

6. UKŁAD HYDRAULICZNY ZMODERNIZOWANY

Nowy układ hydrauliczny (Rys. 3) został wyposażony w jedną pompę tłoczkową A11VLO130DRS [4] z doładowaniem oraz z współpracującym z nią jednym mobilnym blokiem sterowania hydraulicznego 8M4-15 [3]. Do sterowania układem sterowania lemiesza i blokady zawieszenia pozostał blok spycharkowy zasilany pompą PZ3. Do układu na przewód tłoczny wprowadzono zespół pomiarowy składający się z przepływomierza, czujnika ciśnienia, czujnika temperatury (Rys.2). Czujniki ciśnienia wprowadzono również na blok spycharkowy, przewód sterowania LS, przestrzeń tłokową i tłoczkową cylindra podnoszenia wysięgnika, gdzie zamontowano również czujnik wysuwu tłoczyska. Podobny czujnik pomiarowy zamontowano na cylindrze wysuwu członu wysięgnika. Do kontroli obrotu wysięgnika wprowadzono enkoder. Powyższe ocujnikowanie pozwoliło w pełni kontrolować wszystkie ruchy organów roboczych, a dzięki sterowaniu wspomaganemu komputerowo uzyskano znaczną poprawę pracy układu hydraulicznego.

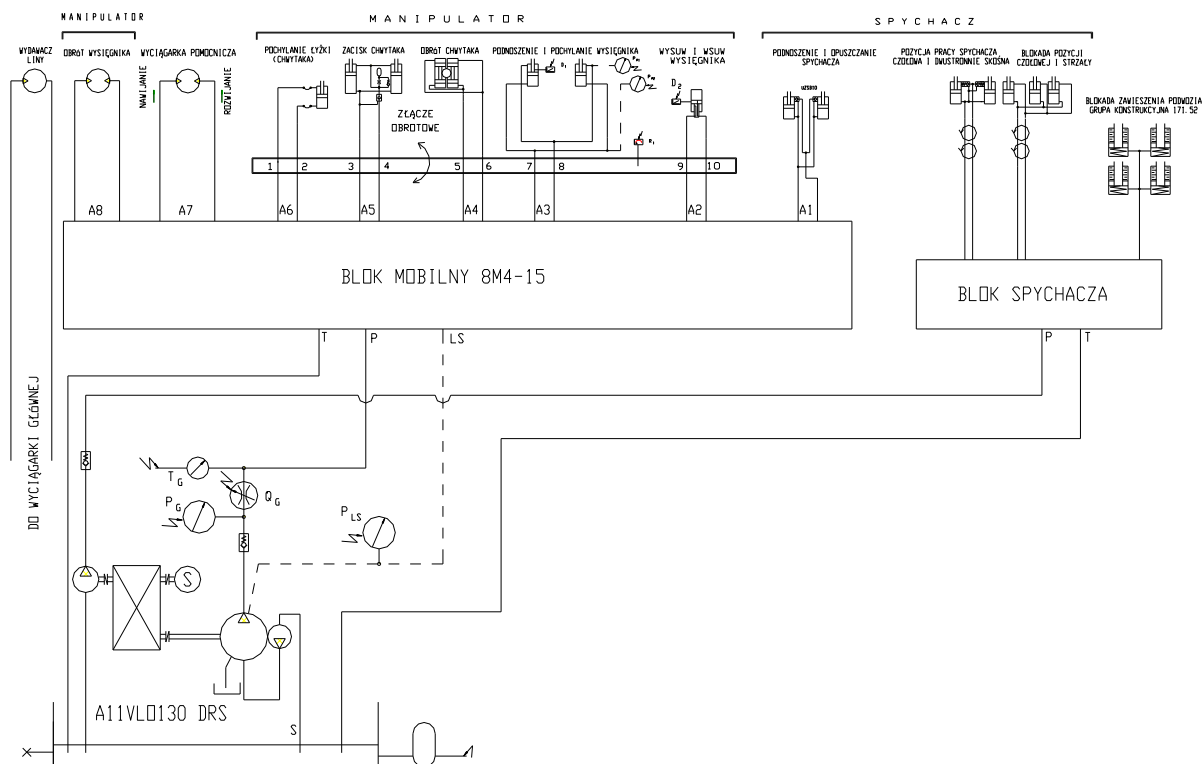


Rys.2. Widok czujnika temperatury

Po modernizacji uzyskano układ pracujący płynnie bez oscylacji z możliwością kojarzenia ruchów i dużą dynamiką. Warunki pracy monitorowane są na pulpicie sterującym, gdzie również sygnalizowane są niesprawności i ograniczenia pracy układu. Dzięki zastosowaniu połączeń rurowych wykonywanych przy pomocy pierścieni zacinających uzyskano znaczne uproszczenie montażu wyrobu, wykonanie niektórych połączeń przy pomocy przewodów giętkich zaopatrzonych w szybkozłącza hydrauliczne oraz zwiększenie dostępności do elementów regulacyjnych bloku, wyeliminowanie złącza obrotowego spychacza i złącza obrotowego podnoszenia wysięgnika. Dzięki zastosowaniu układu pomiarowego znacznie uprościła się regulacja nastaw na bloku sterującym. Poprawa sprawności układu umożliwiła zmniejszenie ilości chłodziw oleju hydraulicznego w

Modernizacja układu sterująco-diagnostycznego pojazdu MID

koszu chłodziń z 3 do 2 sztuk, co pozwoliło ulepszyć chłodzenie silnika głównego wyrobu oraz zmniejszyć objętość zbiornika oleju hydraulicznego o 100 litrów.



Rys.3. Schemat układu hydraulicznego

7. MODERNIZACJA UKŁAD STEROWANIA ELEKTRYCZNEGO

Modernizacja układów sterowania pojazdu MID [2] została wykonana przez zastosowanie wielu nowych technologii. Do najważniejszych z nich należą:

- zastosowanie swobodnie programowalnego sterownika PLC zgodnego z normą IEC1311,
- wykorzystanie przetworników wielkości nieelektrycznych połączonych siecią CANbus,
- połączenie pulpitu sterującego oraz tablicy sterującej poprzez łącza szeregowo.

Zastosowanie sterownika PLC umożliwiło zbudowanie otwartego układu sterowania. Oznacza to, że układ może być rozbudowywany o dodatkowe funkcje, zarówno sprzętowe, jak i programowe. Ta druga cecha pozwoliła na wprowadzenie dodatkowych komplikacji algorytmów eliminujących wady sterownia. Uprościło to znacznie zapisy w instrukcji eksploatacji. Natomiast napisanie programu w języku zgodnym z normą IEC 1131 gwarantuje, że zmiana w przyszłości na nowszy sterownik nie będzie wymagała pisania programu sterującego od początku.

Poszczególne przetworniki połączone zostały z sterownikiem PLC siecią CANbus [1]. Zainstalowane przetworniki pozwalają kontrolować wszystkie ruchy organów roboczych manipulatora.



Rys.4. Widok konstrukcji pulpitu



Rys.5. widok konstrukcji pulpitu



Rys.6. Widok tablicy sterującej



Rys. 7. Widok tablicy sterującej

W układzie zrezygnowano z tradycyjnych wyłączników krańcowych, wprowadzając rozwiązania stosowane w technice lotniczej pod nazwą „fly by wire”. W technice tej sygnał z joysticka poddawany jest obróbce na podstawie danych z przetworników pomiarowych. Efektem zastosowania tej technologii było uzyskanie następujących cech:

- wprowadzenie dowolnych stref zabronionych położenia manipulatora i wyeliminowanie kolizji z kadłubem pojazdu (MID posiada 7 płaszczyzn w ruchu dwuosiowym),
- zatrzymywanie w położeniach krańcowych ze stopniowym zmniejszaniem szybkości ruchu, aż do zatrzymania (błąd zadziałania dla manipulatora bez i z 7-tonowym obciążeniem wynosi ok. 1°),
- kojarzenie wszystkich ruchów bez zmniejszania szybkości ruchów (przy przepływach na ruch 60÷180 l/min uzyskiwano przepływ maksymalny 320 l/min),
- ruchy płynne bez oscylacji,
- znacznie uproszczona regulacja nastaw na bloku sterującym,
- ergonomiczna konstrukcja pulpitu (Rys. 4 i 5) oraz tablicy sterującej (Rys. 6 i 7),
- możliwość rozwoju konstrukcji do uzyskania zdalnego sterowania pojazdem.

8. PODSUMOWANIE

Po przeprowadzeniu modernizacji uzyskano znaczne uproszczenie montażu wyrobu i procesu regulacji, a co za tym idzie obniżkę kosztów wykonania. Poprzez wprowadzenie nowoczesnego sterowania elektronicznego i przetworników wielkości nieelektrycznych, zwiększono jego niezawodność i poprawiono warunki eksploatacji pojazdu. Dzięki zmianie koncepcji sterowania zwiększyła się dynamika pracy organów wykonawczych oraz możliwe było wprowadzenie płynnego kojarzenia ruchów. Uzyskano możliwość diagnozowania układów wykonawczych sterowania. Dodatkowym zyskiem z przeprowadzonych zmian było obniżenie masy pojazdu i przesunięcie środka ciężkości bliżej osi podłużnej poprzez wyrównanie rozłożenia masy. Dało to pojazd o zupełnie nowych parametrach użytkowo – eksploatacyjnych.

Wprowadzenie nowych technologii spowodowało uzyskanie nowych cech pojazdu. Do najważniejszych należą:

- uproszczenie i ułatwienie obsługi wyposażenia pojazdu, uzyskanie interakcji z operatorem,
- uzyskanie sterowania typu „fly by wire” (sterowanie po drucie),
- uzyskanie pełnej diagnostyki układu hydraulicznego i mechanicznego,
- pozostawienie sterowania awaryjnego na kilku poziomach,
- stworzenie otwartego układu sterowania.

9. LITERATURA

- [1] JURA J.: Rozwój cyfrowych sieci informatycznych integrujących wyposażenie elektryczne pojazdów o przeznaczeniu specjalnym, Biuletyn Naukowo – Techniczny SPG nr 13/2000 OBRUM – Gliwice, 2000 r s.143-147
- [2] Modernizacja układu sterowania osprzętem MID , OBRUM – Gliwice, 2001 (Praca nie publikowana)
- [3] Katalog firmy Rexroth nr RD 90700/07.99
- [4] Katalog firmy Rexroth nr RD 64282/05.00

MODERNIZATION OF CONTROL AND DIAGNOSTIC SYSTEM IN MID VEHICLE

Abstract: The paper presents MID Armoured Engineering Vehicle modernization project consisting in the alteration of the concepts of hydraulic control, electric control and in the implementation of system diagnostics. The concept has been introduced into design documents and verified at OBRUM.

Recenzent: dr inż. Zbigniew RACZYŃSKI