

0711 A  
PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW  
MERA-PIAP  
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

OŚRODEK AUTOMATYKI ELEKTRYCZNEJ

Zespół Budowy Robotów i Serwomechanizmów

Główny wykonawca mgr inż. Tomasz Wański

Wykonawcy

Konsultant

Nr zlecenia

RP 100

Metody i środki zapewnienia bezpiecznej  
pracy robotów przemysłowych.

Zadanie 5. Opracowanie propozycji zmian  
konstrukcyjnych dla robotów IRp-6/60  
zapewniających zwiększone bezpieczeństwo  
pracy.

Zleceniodawca CPBR 7.1

Pracę rozpoczęto dnia 01.07.1989

zakończono dnia 31.10.1989

Kierownik Zespołu

Z-ca Dyrektora  
d/s Automatyki

Kierownik Ośrodka

dr inż. P. Jabłoński

doc. dr T. Gałązka

dr inż. B. Kontrymowicz

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 38

Egz. 1 BOINTE

rysunków 3

Egz. 2 OAE

fotografii -

Egz. 3 OAR

tabel -

Egz. 4 OAP

tablic -

Egz. 5 CBKO

załączników 2

Egz. 6 -

Nr rejestr. 6353

**Analiza deskryptorowa** <sup>BMP</sup> ROBOTY PRZEMYSŁOWE, BEZPIECZEŃSTWO PRACY

**Analiza dokumentacyjna** Praca zawiera propozycję struktury i rozwiązań technicznych robota przemysłowego wzorcowego pod względem bezpieczeństwa pracy.

**Tytuły poprzednich sprawozdań**

1. Rozpoznanie i klasyfikacja zagrożeń występujących przy pracy robota przemysłowego, nr rej. 5921
2. Opracowanie kryteriów bezpiecznej pracy robota, nr rej. 6063
3. Opracowanie kryteriów bezpiecznej pracy stanowiska zrobotyzowanego, nr rej. 6104
4. Opracowanie metodyki oceny robota pod względem bezpieczeństwa pracy nr rej. 6132
5. Analiza robota przemysłowego pod względem zapewnienia bezpieczeństwa pracy (na przykładzie robota IRp-6/60) w zakresie układu sterowania nr rej. 6219
6. Opracowanie koncepcji urządzeń podwyższających bezpieczeństwo pracy robotów przemysłowych nr rej. 6252.
7. Opracowanie koncepcji robota przemysłowego wzorcowego pod względem zapewnienia bezpieczeństwa pracy - nr rej. 6307.

**UKD**

338.45:62/69].002 1/2 Roboty przemysłowe

PIAP 41/88 10000

331.82

Bezpieczeństwo pracy

Spis treści

strona:

1. Wstęp . . . . .	3
2. Koncepcja robota wzorcowego . . . . .	5
3. Zalecenia wynikające z analizy układu sterowania . . . . .	9
4. Propozycje zmian w robotach IRp-6 60 . . . . .	11
4.1. Cechy systemowe . . . . .	11
4.2. Autodiagnostyka . . . . .	14
4.3. Zmiany sprzętowe . . . . .	16
4.4. Oprogramowanie . . . . .	20
4.5. Manipulator . . . . .	25
4.6. Inne propozycje . . . . .	27
5. Podsumowanie . . . . .	29
6. Literatura . . . . .	35

Załącznik A

Załącznik B

## 1. WSTEP

Dotychczas realizowane zadania celu 100 "Metody i środki zapewnienia bezpiecznej pracy robotów przemysłowych" miały na celu zdobycie i uporządkowanie wiadomości z zakresu bezpieczeństwa pracy robotów przemysłowych. Na podstawie różnorodnej dostępnej literatury oraz przeprowadzonych analiz wykonano rozpoznanie i klasyfikację zagrożeń występujących na stanowiskach zrobotyzowanych, sformułowano kryteria bezpiecznej pracy robota oraz opracowano koncepcję robota przemysłowego wzorcowego pod względem zapewnienia bezpieczeństwa pracy.

Koncepcję tę zrealizowano opierając się na wynikach wcześniejszych prac, biorąc za przedmiot analiz pewien teoretyczny model urządzenia technicznego określonego jako "robot przemysłowy". Podejście takie pozwoliło wystarczająco szeroko prowadzić konieczne analizy uwzględniając specyfikę różnorodnych rozwiązań technicznych stosowanych w robotach. Opracowana koncepcja dotyczy różnorodnych aspektów konstrukcyjnych i użytkowych robotów przemysłowych.

Wykorzystanie przedstawionej koncepcji robota bezpiecznego dla zaproponowania zmian w robotach IRp-6/60 zwiększających poziom bezpieczeństwa użytkownika podlega dwu ograniczeniom. Wymaga z jednej strony wybrania ze zbioru proponowanych rozwiązań te, które dotyczą robotów IRp ze względu na stosowane rodzaje sterowania, napędów, strukturę części manipulacyjnej itp. Z drugiej strony konieczne jest ograniczenie propozycji zmian do rozwiązań możliwych z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia. Roboty IRp opracowane były przed

kilku laty i są obecnie gotowym wyrobem, co ogranicza zakres możliwych do zaproponowania rozwiązań.

W niniejszej pracy zawarto krótkie przypomnienie głównych idei koncepcji robota wzorcowego (rozdz. 2), zalecenia wynikłe z przeprowadzonej analizy układu sterowania (rozdz. 3), oraz przedstawiono analizę celowości i możliwości wprowadzenia różnorodnych zmian w robotach IRp (rozdz. 4).

## 2. KONCEPCJA ROBOTA WZORCOWEGO

Koncepcja robota przemysłowego wzorcowego pod względem zapewnienia bezpieczeństwa pracy przedstawiona została w całości w pracy (1). Oparta jest na różnorodnych analizach wykonanych w ramach celu nr 100 CPBR 7.1. "Roboty przemysłowe" oraz na wybranych danych literaturowych. Główne idee jakie stoją u podstaw tej koncepcji to:

- zabezpieczenie przed łańcuchowym rozprzestrzenianiem się zagrożeń lub efektów awarii jednego z bloków konstrukcyjnych na inne,
- jednoznaczność pracy (zachowania się) robota we wszelkich stanach przejściowych - np. zmiana trybu pracy, zanik zasilania,
- jednoznaczność i pełna sygnalizacja wszystkich stanów robota,
- jednoznaczność przestrzenna i czasowa sterowania - w danym momencie możliwe jest sterowanie robotem tylko z jednego miejsca (pulpitu sterowniczego),
- dublowanie się różnorodnych środków ochrony, a w szczególności dublowanie środków programowych środkami układowymi, z zachowaniem stopu awaryjnego jako ostatecznego środka ochrony.

Wymienione zasady, jak też wiele innych posłużyły do analizy technicznej i zaproponowania konkretnych rozwiązań.

Ponieważ celem tych prac było stworzenie robota o maksymalnym bezpieczeństwie użytkowania wzięto pod uwagę możliwie

wszystkie czynniki wpływające na bezpieczeństwo pracy - a więc nie tylko czynniki techniczne decydujące o maksymalnie bezawaryjnej pracy lub bezpiecznym wyłączeniu się robota w razie wystąpienia awarii, ale również czynniki techniczne i organizacyjne zmniejszające możliwość wystąpienia błędów ludzkich lub ułatwiające pracę personelu. Wiele publikacji oraz doświadczenie użytkowników robotów i autora pracy wskazuje, że czynniki organizacyjne mają często duże znaczenie w zapobieganiu wypadkom.

Koncepcja robota wzorcowego przedstawiona została w rozbiściu na poszczególne aspekty konstrukcyjne lub organizacyjne, a mianowicie: cechy systemowe, autodiagnostyka, sprzęt, oprogramowanie, cechy funkcjonalne, manipulator, stanowisko zrobotyzowane.

Rozwiązania zaproponowane w ramach cech systemowych dotyczą odpowiedniego szkolenia personelu, zakresu dokumentacji dostarczonej poszczególnym służbom (użytkownik, serwis, programista), zabezpieczeń przed użyciem lub sterowaniem przez osoby postronne, sygnalizacji stanów, współpracy z niezależnym systemem ochronnym.

W zakresie autodiagnostyki proponuje się rozbudowę części układowej o bloki kontrolne, współpracę tych bloków z oprogramowaniem testującym oraz wskazuje się na celowość autodiagnostyki manipulatora.

Propozycje dotyczące części sprzętowej układu sterowania robota dzielą się na kilka grup. Podstawowe zalecenia dotyczą sposobów konstrukcji zapewniających maksymalną popraw-

-ność pracy i odporność na zewnętrzne i wewnętrzne czynniki środowiskowe. Dalsze - dotyczą zagadnień komunikacji operatora - maszyna oraz sterowania robotem spoza i z wewnątrz stanowiska zrobotyzowanego. Inne zalecenia dotyczą sprzężenia z zewnętrznymi czujnikami i układami kontrolnymi oraz z niezależnymi systemami ochrony.

Zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa robotów wymaga również wprowadzenia pewnych rozwiązań programowych. Proponuje się zapewnienie bezwzględnej jednoznaczności pracy w sytuacjach awaryjnych i zmianach stanów i trybów pracy, programową kontrolę poprawności pracy wybranych bloków układu sterowania, systemu napędowego i maszyn na stanowisku, wykorzystanie informacji z zewnętrznego systemu ochronnego oraz realizację funkcji wycofania awaryjnego.

Wśród cech funkcjonalnych wskazano na duże znaczenie sposobu realizacji funkcji stopu awaryjnego, wprowadzenie zabezpieczeń w sterowaniu ręcznym oraz ograniczenie niektórych parametrów funkcjonalnych na czas programowania lub prac serwisowych.

Opracowana koncepcja zawiera również zalecenia dotyczące ce manipulatora i stanowiska zrobotyzowanego.

Manipulatora dotyczą wymagania osłon wszelkich części ruchomych, wystających, ostrych itp, konstrukcji hamulców zapewniających wyłączanie ręczne oraz przestawnych blokad zakresów ruchów.

Od stanowiska wymagane jest zapewnienie dróg komunikacji, przestrzeni bezpiecznej obserwacji przez operatora-pro-



-gramistę pracy stanowiska oraz dróg ucieczki w przypadku nagłego ruchu robota.

Wszystkie przedstawione powyżej w skrócie rozwiązania służą zapobieganiu powstania sytuacji niebezpiecznej oraz ograniczeniu skutków możliwych zagrożeń.

### 3. ZALECENIA WYNIKAJĄCE Z ANALIZY UKŁADU STEROWANIA

W jednym z wcześniejszych etapów pracy wykonano analizę układu sterowania IRp pod względem zapewnienia bezpieczeństwa pracy (4). W wyniku przeprowadzonych analiz ustalono bloki konstrukcyjne szczególnie odpowiedzialne za bezpieczeństwo pracy robotów oraz szczególnie podatne na powodowanie sytuacji zagrożenia.

Dokonane prace wskazują, że podstawowymi układami mogącymi powodować nagły, niezamierzony ruch robota (sytuację o dużym stopniu zagrożenia) są: joystick, połączenia kablowe i informatyczne między panelem programowania, a jednostką centralną układu sterowania, połączenia przewodowe manipulatora i kabla robota (narażone na zginanie, skręcanie i uszkodzenia mechaniczne). Jednym z potencjalnych źródeł zagrożeń jest układ napędowy z pętlą sprzężenia zwrotnego obejmującą tylko fragment toru sterowania robotem.

Badania dokonane metodą zestawu pytań wskazały na konieczność wyposażenia robota w układy autotestowania, osłony wystających części manipulatora, zdalny stop programu oraz wskazały na dużą wagę prawidłowego, pełnego szkolenia personelu mającego styczność z robotem.

Analiza robota pod kątem spełnienia wymagań projektu normy ISO wskazała na spełnienie większości zaleceń. W robotach IRp brak jest jedynie kilku rozwiązań polecanych przez normę np. stopu bezpieczeństwa, kontrolowanego przełączania rodzajów pracy (przełącznikiem z kluczykiem).

W omawianym opracowaniu dokonano wstępnej selekcji wyników analiz pod kątem możliwości i celowości wprowadzenia konkretnych rozwiązań do układu sterowania robota. I tak za celowe uznano wprowadzenie zdalnego stopu programu (równoważnego funkcji stopu bezpieczeństwa), ulepszenie konstrukcji joysticka (ogólnie mówiąc - elementów ręcznego sterowania robotem), zapewnienie osłon dla wystających elementów części manipulacyjnej, ograniczenie zakresów ruchów osi.

Konkretne propozycje przedstawione i omówione będą w dalszych materiałach.

#### 4. PROPOZYCJE ZMIAN W ROBOTACH IRp-6-60

Wykorzystanie koncepcji robota wzorcowego pod względem zapewnienia bezpieczeństwa pracy do robotów IRp-6-60 podlega, jak to powiedziano we wstępie, ograniczeniom ze względu na zastosowane już w tych robotach rozwiązania techniczne: rodzaj układu sterowania, wykorzystywane napędy itp. Kolejnym utrudnieniem jest fakt, iż roboty IRp stanowią obecnie konstrukcję gotową, produkowaną seryjnie i wprowadzenie większych zmian zmuszałoby do zmiany rozwiązań technicznych i przeprowadzenia badań typu, co obecnie nie jest możliwe.

Z powyższych względów koncepcję robota wzorcowego opracowaną wcześniej należy wykorzystywać jako rozwiązanie modelowe dla przyszłych konstrukcji oraz do oceny istniejących rozwiązań, a w robotach IRp zastosować te idee i rozwiązania, które są możliwe do wprowadzenia z wyżej podanych względów.

##### 4.1. Cechy systemowe

Wśród tych cech zdecydowanie najważniejsze są: właściwe szkolenie osób mających styczność z robotem, pełna i przejrzysta dokumentacja dostarczana z robotem, środki zabezpieczenia przed użyciem przez osoby postronne.

Szkolenie personelu mającego styczność z robotem powinno być rozdzielone i odrębnie prowadzone dla różnych osób: programistów, serwisantów, dozoru. Wagę tego szkolenia potwierdzono w dokumencie normalizacyjnym (2). Na podstawie zawartych w nim sugestii można zaproponować tematykę i zakres szkoleń dla wymienionych grup pracowników, co zawarto w załączniku A.

Podane tam tematy uznano za konieczne z punktu widzenia bezpiecznego użytkownika robota, zakres szkoleń może być uzupełniony o dodatkowe tematy merytoryczne.

Z zagadnieniem szkolenia wiąże się ściśle zagadnienie właściwej dokumentacji technicznej dostarczanej z robotem. Powinna ona zawierać podstawowe informacje o sposobie ręcznego sterowania manipulatorem, połączeniach elektrycznych robota i stanowiska, zasadach bezpiecznej obsługi robota, działaniu wszystkich przycisków, przełączników i elementów sygnalizacji. Dokumentacja dla użytkownika powinna być skorelowana z podręcznikiem szkoleń dla ułatwienia użytkownikowi korzystania z obu dokumentów. Dokumentacja techniczna powinna zawierać dokładne informacje i zalecenia dotyczące połączeń elektrycznych układu sterowania robota z manipulatorem, siecią zasilającą i urządzeniami współpracującymi. Konieczne jest wyraźne zaznaczenie w dokumentacji wszelkich zaleceń dotyczących sposobów prowadzenia kabli, działania urządzeń współpracujących, a także wskazówek dotyczących bezpiecznego użytkownika robota.

Dotychczasowa dokumentacja techniczno-ruchowa nie zawiera wskazówek i zaleceń dotyczących bezpieczeństwa użytkownika robotów. Niezbędne jest rozbudowanie DTR o takie informacje.

Dokładne programy szkolenia w zakresie IRp nie zostały opracowane. Spodziewać się należy opracowania ich, gdy rozwinięta będzie produkcja i aplikacje robotów w PIAP. Konieczna będzie rozbudowa tych programów o wyżej wymienione informacje dotyczące bezpieczeństwa użytkownika.

Kolejnym aspektem systemowym wpływającym na bezpieczeństwo użytkownika jest zabezpieczenie przed użyciem przez osoby postronne. Roboty IRp są zabezpieczone przed załączaniem sieci - wyłącznikiem z kluczykiem. Nie mają jednak żadnych zabezpieczeń przed uruchomieniem programu użytkowego. Uruchomienie programu użytkowego możliwe jest zawsze z panelu programowania lub panelu operacyjnego, nie jest możliwe w żaden inny sposób. Organizacja ta uniemożliwia zdalne sterowanie robota z pulpitu umieszczonych na zewnątrz stanowiska zrobotyzowanego. Spełnienie wymagań sformułowanych w pracy (1) - koncepcji robota wzorcowego opartej również na zaleceniach normalizacyjnych wymaga zmiany konstrukcji i oprogramowania robota IRp. Schemat połączeń pulpitu pokazano na rys.3 w załączniku B.

Zaproponować można, aby uruchomienie programu użytkowego było możliwe z panelu programowania lub, równorzędnie, z panelu operacyjnego, ale tylko wtedy gdy panel programowania jest umieszczony we wnęce szafy. Po wyjęciu panelu programowania uruchomienie programu możliwe jest wyłącznie z tego panelu (zatrzymanie programu przyciskami "stop programu" zawsze możliwe zarówno z panelu operacyjnego jak i programowania). Powyższa zmiana wymaga jedynie zmian programowych. Przełącznik START PROGRAMU na panelu operacyjnym powinien mieć kluczyk, po wyjęciu którego w żaden sposób nie jest możliwe uruchomienie programu użytkowego.

Wprowadzenie zdalnego startu i stopu programu wymaga niewielkich zmian układowych (okablowanie szafy) i programowych.

W ramach koncepcji robota wzorcowego zaproponowano roz-

-dzielczość czasową i przestrzenną uruchamiania robota.

Realizacja przedstawionej tam koncepcji wymaga rozbudowania układu sterowania robota o dodatkowy pakiet MC42 - wejść-wyjść dwustanowych, interfejs połączeń zewnętrznych oraz oprogramowanie realizujące algorytm blokad.

Wśród pozostałych propozycji zawartych w koncepcji robota wzorcowego wyróżnić należy monitorowanie środowiska pracy przez układ sterowania robota oraz zapewnienie sygnalizacji błędów, usterek i awarii.

Monitorowanie można zapewnić przez dołączenie różnorodnych czujników (ciśnienia sieci pneumatycznej, pracy urządzeń współpracujących itp.) do wejść dwustanowych robota.

Wymaga to wyposażenia robota w pakiet wejść-wyjść MC42 i rozbudowę oprogramowania sterującego o obsługę tych wejść.

Oddziaływanie sygnałów kontrolnych powinno być możliwie najprostsze - np. powodować stop programu robota.

Z powyższym zagadnieniem wiąże się sprawa sygnalizacji sytuacji niebezpiecznych lub zagrożających. Konieczne jest wyposażenie robota np. w żółtą lampkę i sygnał dźwiękowy dołączone do wyjść dwustanowych robota sygnalizujące jego awarię lub awarię maszyn współpracujących. Przy rozbudowie układu sterowania o pakiet wejść-wyjść dwustanowych konieczny dla realizacji funkcji monitorowania, wyjścia tego pakietu można wykorzystać dla alarmu.

#### 4.2. Autodiagnostyka

Możliwe jest zrealizowanie kilku rodzajów systemu autodiagnostyki o różnym zakresie działania. Propozycja przedstawiona w koncepcji (patrz rys. 1 - Załącznik B) jest obecnie

w robocie IRp niemożliwe do realizacji ze względu na konieczność wykonania znacznych zmian w części sprzętowej i oprogramowania. Zaznaczyć należy jednak, że pewne elementy systemu autodiagnostyki są już zrealizowane w układzie sterowania IRp. Są to: budziki w sterowniku położenia osi (pakiet MA70) i panelu programowania, system kontroli przesłań po magistrali (przy pomocy pakietu MW31), możliwość odczytu położenia rzeczywistego osi z pakietu MA70. Elementy te realizują swoje funkcje sprzętowe (budziki) lub sprzętowo i programowo - pozostałe. Praktycznie jednak oddziałują one na pracę całości układu drogą programową, co nie jest rozwiązaniem korzystnym.

W związku z powyższym zaproponować można zmianę sposobu oddziaływania budzików tak, aby budziki w panelu programowania i sterowniku położenia osi powodowały stop awaryjny robota. Wprowadzenie tej funkcji wymaga zmian układowych w panelu oraz, w przypadku budzika sterownika osi, zmian układowych sterownika, płyty złącz oraz zespołu bezpieczników i styczników, co nie jest sprawą prostą.

Możliwa do zrealizowania w stosunkowo prosty sposób jest modyfikacja oprogramowania obu zespołów zawierających budziki do wykrywania zadziałania budzika i powodowania zatrzymania wykonywania programu użytkowego z sygnalizacją na wyświetlaczu stwierdzonej sytuacji.

Autodiagnostyka manipulatora jest w obecnej konstrukcji praktycznie niemożliwa do wykonania. Rozbudowa systemu sprzężeń zwrotnych z osi robota wymaga zmiany konstrukcji manipulatora oraz dodania złącz, na co nie ma miejsca.



Zagadnienie zwiększenia bezpieczeństwa użytkowania robota drogą zmian konstrukcyjnych manipulatora omówione będzie w rozdziale 4.6.

#### 4.3. Zmiany sprzętowe

Spośród środków i sposobów zwiększania bezpieczeństwa pracy największe znaczenie mają środki sprzętowe i programowe przy czym sprzętowe uznawane są powszechnie za bardziej niezawodne.

W ramach koncepcji robota wzorcowego przedstawiono szereg środków sprzętowych zwiększających bezpieczeństwo pracy jak: poprawne okablowanie, środki ochrony przed zakłóceniami em, komunikacja człowiek-maszyna, zdalne uruchamianie i zatrzymywanie robota, niezależny system ochronny i inne. Poniżej omówione będą niektóre z nich wybrane wg kryterium przedstawionego na wstępie.

Okablowanie układu sterowania IRp opracowane było z uwzględnieniem minimalizacji wpływu sygnałów o różnych poziomach na siebie, a w szczególnie istotnych zespołach np. zespół bezpieczników i styczników opracowano specjalny system opisu połączeń. Jakość okablowania zależy w dużym stopniu od staranności montażu wiązek, złącz, listw zaciskowych - pracownicy produkcyjni są na bieżąco instruowani o prawidłowym sposobie wykonywania okablowania. Praktycznie w tym zakresie możliwe do wykorzystania środki ochrony zostały wykonane.

Zagadnienie odporności układu na zakłócenia elektromagnetyczne było przedmiotem odrębnych prac konstrukcyjnych i badań. Badania wykazały konieczność zmian konstrukcji pod-

-zespołów, co zostało wykonane.

W trakcie przygotowywania jednej z aplikacji robota IRp w PIAP uzyskano dodatkowe informacje z tego zakresu. Zwrócić należy jednak uwagę na duży wpływ okablowania zewnętrznego na odporność robota, a co za tym idzie, na konieczność drobiazgowej analizy aplikacji pod tym kątem. Konieczne jest spełnienie wymagań i zaleceń zawartych w Dokumentacji Techniczno-Ruchowej.

Istotną rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa pracy robotów odgrywa zagadnienie komunikacji operator-maszyna. Równoważne są przy tym sprawy zapewnienia szybkiej orientacji przez operatora w stanie maszyny jak i łatwość wykonania powziętych przez niego decyzji. W robotach IRp początkowo skromny zestaw komunikatów o stanie robota i występujących błędach został znacznie rozbudowany w trakcie dalszych prac i obecnie jest już dość obszerny. Do informowania operatora wykorzystywany jest głównie wyświetlacz panelu programowania, a w mniejszym z konieczności zakresie - panel operacyjny (w szczególności lampki SYNCHRONIZACJA, BŁĄD OBSŁUGI, START PROGRAMU). Wydaje się celowe wyposażenie robota w sygnalizację alarmową (światlną i dźwiękową) uruchamianą w przypadku awarii robota lub osprzętu (patrz rozdział 4.1 powyżej). Sygnalizacja ta powinna być skojarzona z wyświetlaniem na panelu programowania komunikatu o stanie robota.

Oznakowanie wszystkich elementów sterujących (przyciski, przełączniki, dźwignie) powinno być wykonane w sposób nie budzący wątpliwości co do znaczenia przycisku, trwałe, czytelny i zgodny z zaleceniami międzynarodowymi.

W ramach szkolenia konieczne jest dobre opanowanie posługiwania się przyciskami. Dla zapewnienia realizacji tego zalecenia konieczne jest opracowanie nowych symboli przycisków na obu panelach robota z udziałem specjalisty w zakresie wzornictwa przemysłowego.

Odrębnym zagadnieniem przedstawionym w koncepcji robota wzorcowego jest zapewnienie czasowej jednoznaczności sterowania robota. Zagadnienie to zostało wstępnie omówione w rozdziale 4.1. W tym miejscu należy przypomnieć o konieczności rozbudowy sprzętowej układu sterowania o pakiet wejść-wyjść dwustanowych, - interfejs i złącze oraz modyfikację oprogramowania sterującego zapewniającą realizację wymaganego algorytmu. Ten zestaw środków zapewni możliwość uruchomienia programu użytkowego z jednego miejsca w danej chwili i blokadę przycisków startu programu przy próbie uruchamiania z kilku miejsc.

Jednym z powszechnie stosowanych środków ochrony personelu jest zwolnienie ruchów robota przy programowaniu lub obsłudze. Często jest to realizowane podobnie jak obecnie w robotach IRp tzn. przez czujnik obecności panelu programowania (lub sterowania ręcznego) oraz drogą programową. Opierając się na uznanej opinii, iż środki sprzętowe są bardziej niezawodne od programowych można zaproponować modyfikację części sprzętowej o układy zmniejszające poziom sygnału np. prędkości zadanej dla sterownika mocy przez włączenie w ster tego sygnału dzielnika sterowanego bezpośrednio przez wymieniony czujnik. Rozwiązanie to charakteryzujące się dużą pewnością działania ma i tę zaletę, że może być sterowane dowolnym sygnałem np. z bramki wejściowej na stanowisko. Wprowadzenie go wymaga zmian okablow-

-wania szafy (częściowo wykonanych w postaci płyt drukowanych) oraz wprowadzenia zespołu dzielników napięcia.

Zagadnienie sprzężenia robota z zewnętrznymi systemami ochronnymi wymaga zapewnienia możliwości zatrzymywania z zewnątrz realizacji programu użytkowego robota oraz powodowania stopu awaryjnego. Sposób sprzętowej realizacji omówiony został w rozdziale 4.1, a aspekty programowe przedstawione będą w rozdziale 4.4.

Wśród zagadnień poświęconych sprzętowi w opracowanej koncepcji robota wzorcowego wyróżniono sprawę właściwego inżynierskiego podejścia do konstrukcji robota. Uściślając ten postulat należy zwrócić uwagę na konieczność dokładnej analizy wpływu poszczególnych rozwiązań na bezpieczną pracę całości robota, wpływ możliwych do przewidzenia usterek, skutki nieprawidłowego zachowania operatora itp. W rozwiązaniach należy stosować układy i schematy dobrze sprawdzone w innych konstrukcjach. W miarę możliwości należy konstruować tak, aby wadliwe działanie układu unieruchamiało pracę robota tzn. wykorzystywać do normalnej pracy stany aktywne elementów i urządzeń, tak aby stan pasywny (wyłączenie, awaria) powodował alarm.

Przegląd i unowocześnienie konstrukcji pod tym kątem należy wykonywać przy modernizacji lub weryfikacji poszczególnych zespołów oraz przy konstruowaniu nowych wersji robotów.

Jednym z istotnych potencjalnych źródeł zagrożenia, wywołania niekorzystnego ruchu robota może być błędne odczytanie sygnałów z dźwigni joystick. Wprowadzone zabezpieczenie w postaci płytki zezwolenia można i należy rozbudować o obwód włą-

-czający przyciskiem zezwolenia (innymi stykami przycisku niż generujące sygnał zezwolenia) zasilanie obwodów joysticku. Umożliwi to programową kontrolę poprawności sygnałów. Pewnym zabezpieczeniem jest również funkcja TEST panelu programowania umożliwiająca sprawdzenie sygnałów wyjściowych z osi joysticka. Celowe byłoby jednak umożliwienie wykorzystania tej funkcji od razu po podaniu zasilania panelu. Postulowane niekiedy wyposażenie panelu w przełącznik z kluczykiem blokujący działanie joysticka uznać należy za nadmierowe.

#### 4.4. Oprogramowanie

We wcześniejszych opracowaniach uzasadniono tezę, że przy pomocy środków programowych można zrealizować skomplikowane funkcje zapewniające wysoki stopień bezpieczeństwa pracy. Powszechnie się jednak uważa, że sposoby programowe są bardziej zawodne od sprzętowych. Z tego względu funkcje realizowane programowo nie powinny być jedynym źródłem zapewnienia bezpieczeństwa pracy i powinny być dublowane prostymi rozwiązaniami sprzętowymi. W miarę możliwości należy jednak z nich korzystać dla ich wielu zalet.

Zasadnicze znaczenie dla bezpieczeństwa obsługi i pracy robota ma niezawodność oprogramowania systemowego. Należy ją osiągnąć drogą długotrwałego i drobiazgowego sprawdzenia pracy robota w różnych stanach i rodzajach pracy. Znakomitym polem doświadczeń są pierwsze aplikacje. Tak też było i jest

w przypadku układów sterowania IRp. Dodatkowe usterki ujawniają się również przy opracowywaniu nowych odmian lub typów robotów. Także uruchamianie układów sterowania wykonywane przez konstruktorów dostarczyło pewnych informacji z tego zakresu.

Szczególnie ważne, jeśli chodzi o niezawodność oprogramowania, jest zagadnienie zachowania robota w chwilach zmiany trybów i rodzajów pracy, zanikach zasilania itp. Konieczne jest przewidzenie specjalnych środków programowych zapewniających jednoznaczność pracy w tych warunkach oraz blokowanie ruchów manipulatora.

W robotach IRp szereg tego rodzaju zabezpieczeń zostało wykonanych. Należy jednak zapewnić natychmiastowe zatrzymanie osi robota przy zmianach stanów z PRACY na GOTOWOŚĆ oraz z PRACY na STOP AWARYJNY drogą np. zerowania rejestru błędu położenia w sterownikach położenia osi. Podobne w skutkach rozwiązanie należy zastosować dla rozkazu STOP podawanego z panelu programowania lub panelu operacyjnego.

Dla zwiększenia niezawodności pracy oprogramowania systemowego, i co za tym idzie, całości robota celowe jest oparcie pracy programu sterującego na przerwaniach zegarowych lub zastosowanie budzików. Mechanizm ten pozwala na powrót programu w określone miejsce każdorazowo po otrzymaniu przerwania. Umożliwia to stosunkowo szybki powrót programu w przypadku nieprawidłowych skoków lub wadliwego działania układu.

Kolejną cechą układu realizowaną programową powinno być autotestowanie układu oraz programu sterującego. Dla tego celu należy wykorzystać takie mechanizmy jak:

- kontrola przesłań po magistrali kasety dokonywana programowo i sprzętowo przy pomocy pakietu kontroli MW 31,
- obliczenie i sprawdzanie sumy kontrolnej obszaru programu użytkowego (np. co cykl pracy programu użytkowego),
- kontrola wybranego wskaźnikowego obszaru pamięci dla wykrycia błędów zasilania pamięci,  
i inne.

W robocie IRp znajdują się wszystkie mechanizmy sprzętowe potrzebne do realizacji tych funkcji - konieczne jest jedynie rozszerzenie programu sterującego.

Celowe wydaje się również stworzenie możliwości przełączania przez program sterujący z trybu PRACA w tryb GOTOWOŚĆ. Umożliwiłoby to efektywną kontrolę pracy manipulatora. Przy stwierdzeniu ruchu dowolnej osi wywołanego przyczyną spoza programu sterującego (np. usterka elementów sterownika mocy) program sterujący mógłby przełączać układ sterowania w stan GOTOWOŚĆ zatrzymując w ten sposób niekontrolowany ruch osi. Podobną rolę pełni istniejąca w układzie możliwość powodowania stanu STOP AWARYJNY.

W rozdziale 4.1 i 4.3 podano propozycje dodatkowych wejść dla realizacji funkcji zwolnienia ruchów robota, zwielokrotnienia przycisków START PROGRAMU z jednoczesnym zapewnieniem bezpieczeństwa uruchamiania robota. Wejścia te umożliwiają programową realizację proponowanych funkcji. Konieczne jest więc rozbudowanie programu sterującego o procedury obsługi tych wejść. Procedury te powinny zapewniać wykrywanie wszelkich błędnych stanów i programową filtrację zakłóceń i błędów.

Kolejnym sposobem zwiększania bezpieczeństwa pracy drogą programową jest zapewnienie wykrywania błędów operatora. W układzie sterowania IRp w wersji obecnej realizowana jest kontrola formalnej poprawności obsługi robota podczas programowania oraz sygnalizacja błędów operatora lub nielicznych niesprawności układu sterowania. Zestaw procedur i programów kontrolnych należy rozszerzyć zarówno pod względem ilości i rodzaju wykrywanych sytuacji błędnych i awaryjnych jak i sposobu reagowania.

Uznać należy za celowe nie tylko kontrolowanie formalnej poprawności procesu obsługi robota, ale również programową kontrolę jakości pracy operatora i ułatwienie obsługi. Pod pierwszym należy rozumieć np. analizę programu użytkowego z sygnalizacją np. ruchów jakie wykonywane będą z prędkościami bliskimi maksymalnej, instrukcji wewnętrznie sprzecznych (kolejne po sobie instrukcje załączenia i wyłączenia tego samego wyjścia) itp. Pod drugim należy rozumieć informowanie obsługi przez wyświetlacz panelu programowania o stanie pracy układu (AUTO, PRACA, STOP, START itp.), o wykrytych usterekach itp.

Koncepcja robota bezpiecznego (1) zawiera opis funkcji wycofania awaryjnego oraz uzasadnienie celowości jej wprowadzenia. Proponuje się, aby funkcja ta polegała na wpleceniu w instrukcje pozycjonowania w programie użytkowym instrukcji definiujących pozycje bezpieczne. Instrukcje te, są pomijane przy normalnej realizacji programu użytkowego, a wykonywane, i to "do tyłu" tzn. w odwrotnej kolejności, po uaktywnieniu funkcji wycofania awaryjnego.



Realizacja odbywa się przez kolejne punkty, aż do napotkania pozycji bezpiecznej z dodatkowym argumentem oznaczającym koniec wycofywania.

Opisana wyżej procedura może w całości być zrealizowana programowo i jest zastosowaniem istniejących środków programowych do realizacji nowego zadania.

Odrębnym zagadnieniem pozostaje sposób aktywacji funkcji wycofania. Przewidzieć należy dwie drogi: przez program sterujący i wejście zewnętrzne dwustanowe. Włączenie wycofania przez program sterujący może nastąpić po stwierdzeniu np. braku ruchu osi mimo wymuszenia, zaniku zasilania narzędzia (np. sprężonego powietrza). Włączenie przez zewnętrzne wejście następować powinno po włączeniu przełącznika przez operatora, przez czujnik temperatury lub obciążenia głowicy roboczej manipulatora itp.

Środki sprzętowe do wykonania tej funkcji są dość proste i nie wymagają zmian w układzie sterowania i robocie (poza np. zamontowaniem dodatkowego przycisku na stanowisku lub czujnika na manipulatorze). Pozostała część funkcji jest realizowana programowo.

#### 4.5. Manipulator

Manipulator robotów IRp-6-60 jest praktycznie identyczny jak licencyjnych robotów IRp. Kilka mutacji jak np. IRp-6L, IRp-6W nie zawiera znacznych zmian w strukturze części manipulacyjnych. Nowe opracowania - roboty IRp-120, IRp-2,5 będą charakteryzować się zupełnie odmienną strukturą manipulatorów.

Podstawowym zaleceniem z zakresu bezpieczeństwa jest eliminacja wszelkich części ostrych, wystających mogących uderzyć lub zranić nieuważnego operatora. Roboty IRp-6-60 są pod tym względem niezbyt dobrze skonstruowane gdyż zespoły napędowe, dźwignie przeciwwag stanowią duże zagrożenie przy nieszczęśliwym zdarzeniu. Z tego względu celowe jest zwrócenie uwagi na to zagadnienie w instrukcjach DTR.

Inne propozycje zmian części manipulacyjnej zawiera praca (3). Są to: czujniki obecności osób w pobliżu ramienia robota, chwytaki trzymające detal mimo braku zasilania, ograniczniki ruchu osi, modyfikacja działania luzowników.

Pierwsza z propozycji ma na celu ograniczenie możliwości uderzenia człowieka przez robot IRp o konstrukcji mało podatnej na zmiany. Druga ma na celu zabezpieczenie stanowiska, samego robota i, ewentualnie, operatora przed skutkami zanku zasilania chwytaka.

Ograniczniki (przestawne) zakresu ruchu osi są stosunkowo prostym i pewnym sposobem uniemożliwienia wyjścia ramienia manipulatora poza użyteczną w danej aplikacji przestrzeń roboczą. Wreszcie modyfikacja działania luzowników ma na celu

umożliwienie ich niezależnego uruchomienia np. z panelu operacyjnego dla ułatwienia ratowania osób przyciśniętych lub przygniecionych przez robot.

Realizacja powyższych zaleceń w robotach IRp-6/60 wymaga:

- w przypadku czujników obecności - zamontowania tych czujników (również systemów ochrony) na stanowisku i dołączenia ich do wejść dwustanowych STOP AWARYJNY lub proponowanego w rozdz. 4.1 wejścia STOP PROGRAMU,
- w przypadku chwytaków - zapewnienia w nowych konstrukcjach zamknięcia szczęk przy braku zasilania,
- w przypadku ograniczników ruchów osi - wykonania otworów w podstawie robota oraz klocków ograniczających dla osi Ruchy tej osi w największym stopniu decydują o zakresie obszaru roboczego (ilustracja tego zagadnienia na rys.7. Załącznik B),
- w przypadku luzowników - konieczna jest zmiana sposobu sterowania zapewniająca możliwość odblokowywania osi.

#### 4.6. Inne propozycje

Poza propozycjami wymienionymi w poprzednich rozdziałach można zaproponować dalsze zalecenia spoza przyjętej klasyfikacji. Niektóre z nich zalecane są w różnych publikacjach z zakresu bezpieczeństwa pracy robotów.

Istotne znaczenie dla minimalizacji skutków zagrożenia lub sytuacji niebezpiecznej ma właściwe rozplanowanie przestrzenne stanowiska zrobotyzowanego. Przy projektowaniu stanowiska należy zapewnić miejsce dla bezpiecznej obserwacji procesu wykonywanego przez robot, miejsca poza przestrzenią pracy robota, a ogrodzeniem dla umożliwienia ucieczki personelu.

Duże znaczenie dla wygody operatora, zmniejszenia obciążenia fizycznego i psychicznego powodowanego długotrwałym programowaniem robota ma łatwość obsługi robota. Składa się na nią zarówno sposób programowania (logiczność wewnętrzna instrukcji programu użytkowego, programowanie interaktywne) jak i czytelne i łatwo kojarzące się opisy wszelkich elementów sterujących i kontrolnych. To ostatnie gra szczególną rolę w sytuacjach awaryjnych, gdy szybkość i jednoznaczność działania operatora ma podstawowe znaczenie. Z tym zagadnieniem wiąże się również sposób oznakowania osi i ich kierunków (dodatni i ujemny) na manipulatorze jak również wyraźne oznakowanie przycisków stopu i stopu awaryjnego, wyłączników sieciowych, dźwigni blokad itp.

Konieczne jest zabezpieczenie robota i stanowiska przed niezamierzonym pomyłkowym lub bezmyślnym uruchomieniem.

Tę rolę pełnią przede wszystkim omówione wcześniej osłony stanowiska zrobotyzowanego, przełączniki startu z kluczykiem i inne. Do tego celu powinny również służyć czujniki obecności operatora w obrębie stanowiska lub w pobliżu robota (m.in. czujnik obecności panelu programowania) jak też środki zabezpieczające samego operatora. Wśród tych ostatnich wymienić należy przycisk zezwolenia ruchów robota przy sterowaniu ręcznym lub celową komplikację procesu uruchamiania programu użytkowego przez operatora.

Bezpieczeństwo pracy robotów przemysłowych wymaga zapewnienia natychmiastowego zatrzymywania ruchów manipulatora po podaniu rozkazów STOP. Osiąga się to przez konstrukcję programu sterującego zapewniającego częste sprawdzanie stanu tych przycisków oraz przez sterowanie osiami manipulatora dla uzyskania minimalnego wybiegu.

Omówione rozwiązania są w większości zastosowane w robotach IRp. Zmian wymaga jedynie oznakowanie przycisków i wskaźników na panelach: operacyjnym i programowania dla spełnienia wymagań ergonomii oraz uzyskania zgodności z normami międzynarodowymi. Zapewnienie minimalizacji wybiegu manipulatora po podaniu sygnału STOP wymaga jedynie zmian programowych - w programie sterującym robota i oprogramowaniu sterowników położenia osi.

## 5. PODSUMOWANIE

W kolejnych podrozdziałach 4.1 + 4.5 przedstawiono propozycje rozwiązań technicznych możliwych do zastosowania w robotach IRp wraz z opisem ich wprowadzenia i uzasadnieniem. Propozycje te oparte były na opracowanej wcześniej koncepcji robota wzorcowego pod względem bezpieczeństwa pracy, oraz na przeprowadzonych analizach układu sterowania i manipulatora robotów IRp. Przy opracowywaniu zaleceń dla robotów IRp konieczne było wzięcie pod uwagę technicznych i ekonomicznych możliwości wprowadzenia poszczególnych rozwiązań.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono je w rozbiciu na poszczególne rodzaje - zgodnie z podziałem przyjętym w koncepcji robota wzorcowego.

W tym miejscu należy przypomnieć cytowaną we wcześniejszych opracowaniach wykonanych w ramach celu 100 zgodną opinię wielu osób zajmujących się tym zagadnieniem mówiącą, że istotne zwiększenie poziomu bezpieczeństwa może być jedynie efektem współdziałania wielu różnorodnych rozwiązań, sposobów ochrony i zabezpieczeń.

Dlatego też poniższe podsumowanie jak i całe opracowanie traktuje o wielu rozwiązaniach szczegółowych, których suma może i powinna dać zwiększenie poziomu bezpieczeństwa pracy.

Przedstawione wcześniej rozwiązania cząstkowe wymagają podsumowania zarówno dla określenia technicznych możliwości ich wprowadzenia jak i dla zbiorczej oceny przewidywanego efektu wprowadzonych zmian.

Ogólnie podsumowując przedstawione propozycje uznać należy za konieczne rozbudowanie oprogramowania o blok autotestowania programowego oraz procedurę analizy informacji o stanie robota i otoczenia.

Dla dostarczenia tych informacji konieczne jest rozszerzenie systemu wejść-wyjść dwustanowych o dodatkowy pakiet przeznaczony do dołączania różnorodnych czujników i sterowania dodatkowymi urządzeniami sygnalizacyjnymi. Oprogramowanie wymaga również modyfikacji dla pełnego wykorzystania możliwości diagnostycznych istniejących w sposób jawny w układzie sterowania (kontrola przesłań po magistrali) lub potencjalnie (oprogramowanie sterowników położenia osi). Celowe jest również dokonanie pewnych modyfikacji konstrukcyjnych manipulatora zwiększających poziom bezpieczeństwa. Dokonane prace wskazały też na dużą wagę czynników organizacyjnych w zapewnieniu bezpieczeństwa pracy.

Propozycje wymienione w rozdziale 4 można podzielić ze względu na sposób i łatwość wprowadzenia do robotów IRp.

- A. Najprostsze do wprowadzenia są zalecenia organizacyjne, a mianowicie dotyczące zakresu szkoleń dla personelu, rozszerzenia dokumentacji technicznej (DTR) o informacje z zakresu bezpieczeństwa oraz opracowania rozszerzonych zaleceń instalacyjnych. Konieczna jest w tych przypadkach weryfikacja istniejących dokumentów lub opracowanie nowych (w przypadku szkoleń).
- B. Kolejna grupa zmian wymagających stosunkowo niewielkich modyfikacji oprogramowania lub sprzętu umożliwia realizację zaleceń:

- monitorowania stanu otoczenia robota (zasilań, pracy maszyn i urządzeń, bramek wejściowych itp.),
- zmiany sposobu uruchamiania programu użytkowego,
- dodatkowych sygnalizacji i urządzeń sygnalizujących,
- zmian opisów na panelu operacyjnym i programowania,
- autotestowania.

Wprowadzenie zaleceń wymaga w pierwszym przypadku zastosowania dodatkowego pakietu MC42 wejść-wyjść dwustanowych, ustalenia sposobu oddziaływania poszczególnych wejść (STOP, STOP AWARYJNY) oraz opracowania procedur czytania i obsługi wejść.

Wyjścia tego pakietu mogą służyć dla sterowania urządzeniami alarmowymi: syreny, brzęczyki, lampy ostrzegawcze realizującymi trzecie zalecenie. W tym przypadku również konieczne jest wprowadzenie procedur programowych sterujących urządzeniami sygnalizacyjnymi.

Zmiany sposobu uruchamiania programu użytkowego wymagają, w najprostszym przypadku, zmiany rodzaju przycisku START na panelu operacyjnym oraz zmiany procedury startu programu uwzględniającej stan przycisku i stan sygnału czujnika obecności panelu programowania. Niewielkie zmiany tej procedury są również konieczne przy wprowadzeniu funkcji zdalnego startu programu. Zmiany sprzętowe są nieznaczne i polegają na odpowiednim dołączeniu pulpitu sterowania zdalnego do wejść dodatkowego pakietu wejść-wyjść dwustanowych.

Wprowadzenie nowych opisów przycisków i lamp na panelu operacyjnym i programowania wymaga ujednoczenia ich z wymaganiami norm i zaleceń polskich i międzynarodowych oraz



podjęcia współpracy ze specjalistą wzornictwa przemysłowego.

Wprowadzenie autotestowania z wykorzystaniem istniejących środków sprzętowych wymaga jedynie zmian programu sterującego. Negatywny wynik testów powinien powodować STOP programu użytkowego, STOP AWARYJNY lub przełączenie w stan GOTOWOŚĆ z równoczesnym uruchomieniem urządzeń sygnalizacyjnych.

C. Następne grupa zaleceń wymaga poważniejszych zmian oprogramowania lub sprzętu. Są to jednak zalecenia o dużym znaczeniu dla zwiększenia bezpieczeństwa robotów.

Wśród nich należy wymienić:

- zatrzymywanie ruchu osi manipulatora z minimalnym wybiegiem,
- zmniejszanie prędkości manipulatora przy sterowaniu ręcznym lub obecności operatora na stanowisku,
- ograniczenie zakresów ruchów osi manipulatora.

Spełnienie pierwszego wymagania wymaga zmian programu sterującego układu sterowania i sterownika położenia osi i polega na zapewnieniu zatrzymania osi manipulatora w miejscu, w którym znajdowała się oś w chwili otrzymania rozkazu STOP. W obecnej wersji osie realizują jeszcze ruch do momentu wyzerowania aktualnego błędu położenia (zależnego jak wiadomo od prędkości ruchu ramienia robota).

Realizacja drugiego zalecenia dokonywana jest obecnie w sposób programowy. Ze względów omówionych w rozdziale 4.3 korzystniejsza byłaby realizacja sprzętowa. Wymaga to jednak dodania bloku dzielników w tory sygnałów prędkości zadanej między sterownikami położenia osi, a sterownikami mocy.

Ograniczenie zakresów ruchów osi manipulatora wymaga

wprowadzenia do zespołów konstrukcyjnych manipulatora możliwości montowania zderzaków oraz zmian okablowania pozwalających na montowanie wyłączników krańcowych (stopu awaryjnego) na tych zderzakach. Stosunkowo proste jest natomiast zapewnienie osłon ruchomych i wystających części manipulatora.

W tej klasie zmian mieści się również zagadnienie zapewnienia możliwości zmiany stanu układu sterowania z PRACA na GOTOWOŚĆ przez program sterujący. Zapewnienie tego wymaga przekonstruowania zespołu bezpieczników i styczników oraz modyfikacji programu sterującego.

D. Ostatnia grupa zaleceń wymaga znacznych zmian zarówno sprzętowych jak i programowych. Są to:

- zmiana zasad działania budzików i zapewnienie zewnętrznej sygnalizacji zadziałania,
- programowa analiza jakościowa pracy programisty-operatora,
- funkcja wycofania awaryjnego,
- zapewnienie mechanicznego wyłączania luzowników.

Znaczenie tych zaleceń i uzasadnienie ich wprowadzania omówiono wcześniej w rozdziale 4. Dodać jedynie należy, że drugie i trzecie zalecenie uznać należy za samodzielne poważne problemy inżynierskie.

W świetle opisów i uzasadnień przedstawionych w rozdziale 4 oraz powyżej, zaproponować można następujący harmonogram wprowadzania wyszczególnionych zaleceń.

W kolejnym punkcie kontrolnym celu 100 proponuje się wprowadzenie zaleceń organizacyjnych (rozszerzenie dokumentacji, zalecenia instalacyjne, programy szkoleń), opracowania

zmian sprzętowych i wytycznych dla zmian programowych opisanych w punkcie B. Dwa pierwsze rozwiązania przedstawione w punkcie C będą również opracowane: nad pierwszym pracować będą programiści realizując jeden z tematów CPBR (niezależnie od celu 100), drugie opracowane będzie w ramach celu 100.

W tym punkcie kontrolnym wprowadzone zostaną również pewne drobne modyfikacje przedstawione w koncepcji robota wzorcowego, a nie wymienione w niniejszym opracowaniu oraz wynikające z dotychczasowych doświadczeń pracowników PIAP w stosowaniu robotów IRp.

Pozostałe zalecenie z punktu C oraz punkt D opracowane będą przy ewentualnej modernizacji układu sterowania lub w ramach kolejnego etapu CPBR 7.1.

Na zakończenie należy podkreślić, że podstawą bezpieczeństwa pracy robotów przemysłowych jest dobra jakość i duża niezawodność pracy tych urządzeń. Stanowi ona konieczną bazę, na której można oprzeć specjalne funkcje i układy służące zwiększeniu bezpieczeństwa pracy. Z tego względu konieczna jest dyscyplina projektowa i produkcyjna nie dopuszczająca nieprzebadanych rozwiązań, i stosowania materiałów, elementów i rozwiązań technicznych innych niż w dokumentacji technicznej wyrobu.

6. LITERATURA

1. Wański T.: Opracowanie koncepcji robota przemysłowego wzorcowego pod względem bezpieczeństwa pracy. Sprawozdanie PIAP nr rej. 6307
2. Norma **JIS** - General Code for Safety of Industrial Robots, **JIS.B** 8433
3. Klimasara W.: Analiza robota przemysłowego pod względem zapewnienia bezpieczeństwa pracy (na przykładzie robota IRp-6-60) oraz opracowanie koncepcji urządzeń zwiększających bezpieczeństwo pracy w zakresie części manipulacyjnej. Sprawozdanie PIAP nr rej. 6251
4. Wański T.: Analiza robota przemysłowego pod względem zapewnienia bezpieczeństwa pracy (na przykładzie robota IRp-6-60) - w zakresie układu sterowania. Sprawozdanie PIAP nr rej. 6219.

Załącznik A

Propozycja tematyki i zakresu szkoleń dla poszczególnych rodzajów pracowników.

1. Programiści:

Ogólna budowa robota

Struktura, zakresy ruchów, chwytaki części manipulacyjnej

Sposób poruszania ręcznego manipulatorem

Środki ochrony zwiększające bezpieczeństwo podczas programowania

Teoretyczne i praktyczne zapoznanie się z repertuarem instrukcji i sposobem programowania

Środki testowania i korekcji-edycji programu użytkowego

Uruchomienie i zatrzymywanie programu użytkowego.

2. Pracownicy serwisu:

Ogólna budowa robota

Struktura, zakresy ruchów części manipulacyjnej

Budowa i działanie układu sterowania

Struktura systemów napędowych (układ sterowania), manipulator)

Budowa, działanie, naprawa bloków układu sterowania

Budowa, działanie, naprawa poszczególnych zestawów manipulatora

Konserwacja podzespołów układu sterowania i manipulatora

Środki bezpieczeństwa przy przeprowadzaniu napraw i regulacji (podpory ramion robota, sposób montażu i demontażu, prowadzenie przewodów elektrycznych).

Prowadzenie prac regulacyjnych

Wykonywanie prób i regulacji przy włączonym zasilaniu robota

Działanie stopu, stopu awaryjnego

Ręczne poruszanie ramieniem robota.

### 3. Pracownicy dozoru

Ogólna budowa robota

Budowa, zakres ruchu części manipulacyjnej

Ręczne sterowanie robota

Podstawy programowania

Uruchamianie i zatrzymywanie pracy programu użytkowego

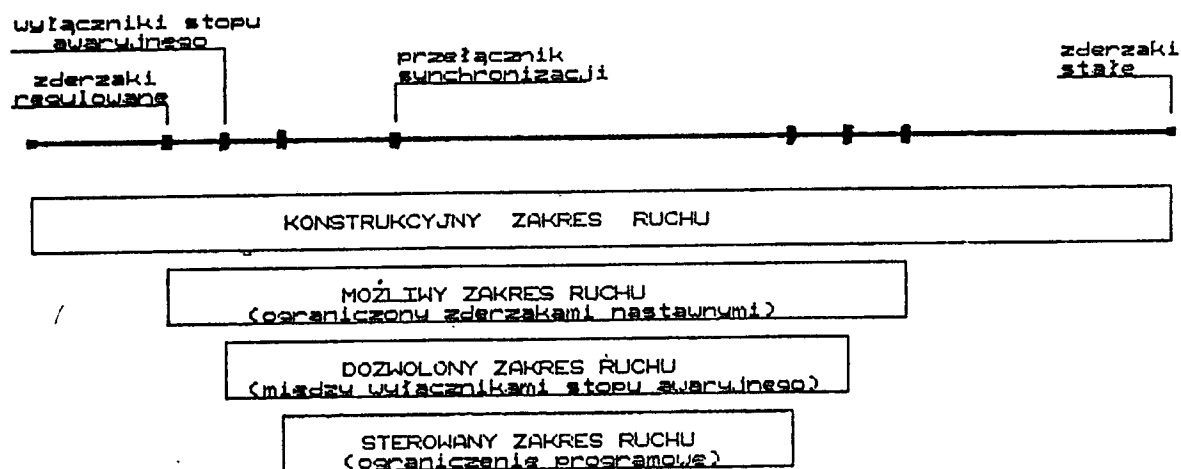
Środki bezpieczeństwa w użytkowaniu robota

Struktura stanowiska zrobotyzowanego, sprzężenie robota z innymi urządzeniami stanowiska

Miejsca bezpieczne w instalacji robota.

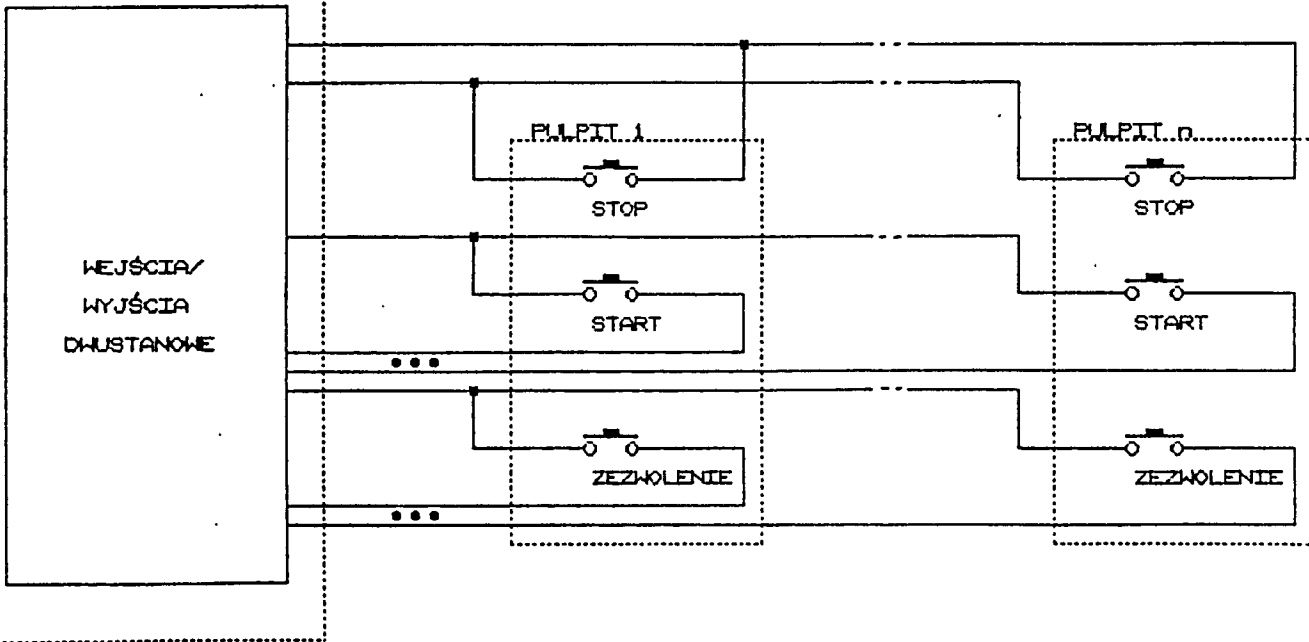
### Załącznik B

Zamieszczone rysunki zaczerpnięto z pracy (1) z zachowaniem oryginalnej numeracji.



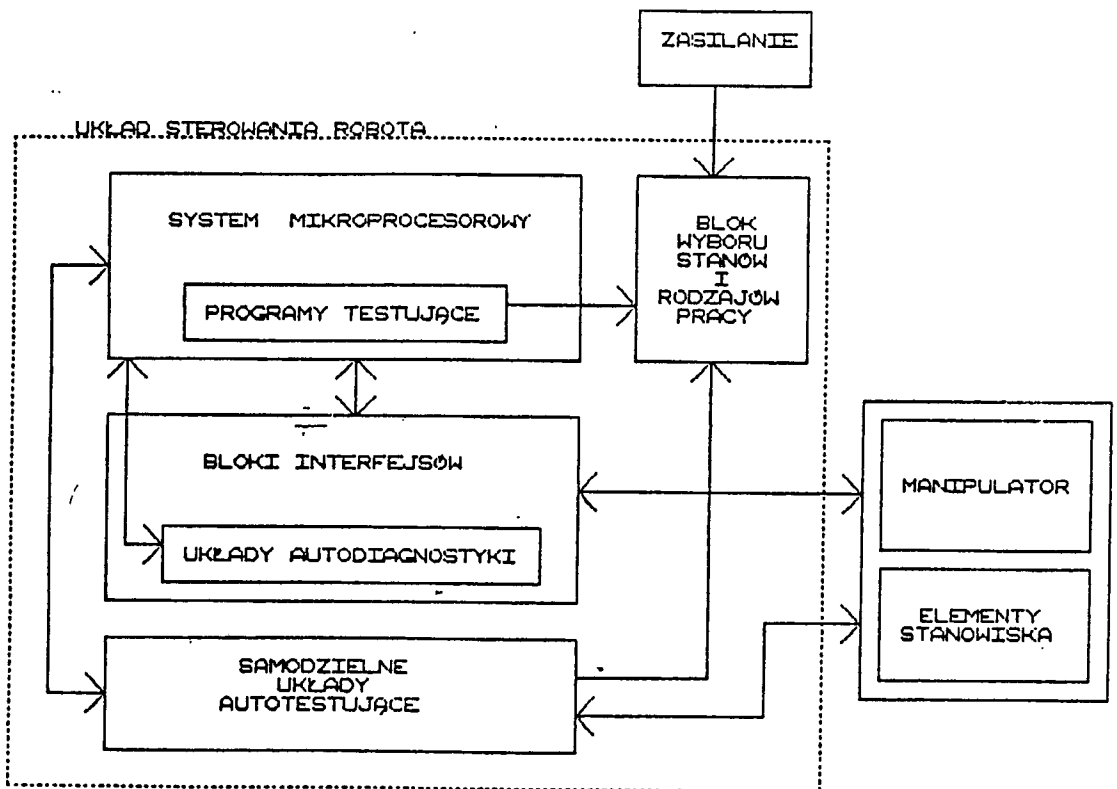
Rys.7 Poglądowe przedstawienie zakresów ruchów osi robota [12].

UKŁAD STEROWANIA ROBOTA



Rys.3 Schemat połączeń pulpitu sterujących stanowisk zrobotyzowanych.

0



Rys.1 Struktura systemu autodiagnostyki układu sterowania robota.

39