

6067

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

Ośrodek Badań Niezawodności i Jakości

Grupa Problemowa d/s Kompatybilności Elektromagnetycznej

442
Główny wykonawca

Wykonawcy mgr inż. Cz.Godzisz, tech.tech. K.Tekieli, R.Zado

Konsultant mgr inż. inż. Puchalski, Maruśzak - IMP

Nr zlecenia

- 5669

Badania odporności na zakłócenia elektromagnetyczne jednego robota (RIMP 901).

Zleceniodawca Instytut Mechaniki Precyzyjnej Warszawa, ul.Duchnicka

Pracę rozpoczęto dnia 31.05.88
Kierownik Gr.Pr.

Cz.Godzisz
mgr inż. Cz.Godzisz

Z-ca Dyrektora
d/s Pomiarów

J.Winiecki
dr inż. J.Winiecki

zakończono dnia 30.06.88.
Kierownik OBN

St.Budzyński
dr inż. St.Budzyński

Praca zawiera:

stron 18

rysunków 5

fotografii

tabel

tablic 1

załączników

Rozdzielnik - ilość egz:

Egz. 1 BOINTE

Egz. 2 IMP

Egz. 3 OBN

Egz. 4 IMP

Egz. 5

Egz. 6

Nr rejestr. 6067

1

Nie udostępniać bez zgody zleceniodawcy.

Analiza deskryptorowa

ROBOTY PRZEMYSŁOWE; KOMPATYBIŁNOSC ELEKTROMAGNETYCZNA
BADANIA ~~RIMP-901~~

Analiza dokumentacyjna

Sprawozdanie zawiera wyniki badań odporności robota malar-
skiego typ RIMP 901Ex na zakłócenia elektromagnetyczne.
Badania przeprowadzono dla zakłóceń impulsowych nanosekun-
dowych i dużej energii, sygnałów zakłócających o częstotli-
wości sieci, krótkotrwałych zaników, wyładowań elektryczności
statycznej.

Sformułowano wnioski dotyczące oceny urządzenia i zakresu ba-
dań, propozycji zmian w ZN oraz zmian konstrukcyjnych i
funkcjonalnych, umożliwiających podwyższenie odporności.

Tytuły poprzednich sprawozdań

nie ma

338.45:62/69].002.1/2 Roboty przemysłowe
621.316.9.002.5. Zabezpieczenia - badania

UKD

MAP-252/83-6000

SPIS TREŚCI

1. Wstęp
2. Ogólna charakterystyka badanego urządzenia
3. Warunki pracy robota w czasie badań
4. Urządzenia pomiarowe
5. Wyniki pomiarów
 - 5.1. Odporność na zakłócenia impulsowe nanosekundowe 5/50 ns
 - 5.2. Odporność na zakłócenia impulsowe dużej energii 1,2/50 μ s
 - 5.3. Odporność obwodów interfejsowych na zakłócenia sinusoidalne 50 Hz
 - 5.4. Odporność na krótkotrwałe zaniki napięcia sieci
 - 5.5. Odporność na wyładowania elektryczności statycznej ESD
 - 5.6. Sprawdzenia i pomiary dodatkowe
6. Stwierdzenia i wnioski

SPIS RYSUNKÓW

- rys.1. Schemat blokowy robota RIMP 901Ex
- rys.2. Usytuowanie urządzeń robota na stanowisku badawczym
- rys.3. Szkic trajektorii programu testowego 80s
- rys.4. Układy pomiarowe dla zakłóceń impulsowych
- rys.5. Układ pomiarowy dla krótkotrwałych zaników napięcia sieci.

1. Wstęp

Przedmiotem badań KEM był robot malarski typ RIMP-901 w wykonaniu przeciwwybuchowym (Ex) produkcji IMP Warszawa.

Celem badań było sprawdzenie poziomów odporności robota na elektromagnetyczne **zakłócenia** zewnętrzne zg. z PN-86/E-06600 i określonych w projekcie ZN-86 opracowanym przez IMP.

Badania przeprowadzono dla egzemplarza robota przygotowanego przez Zleceniodawcę, na stanowisku badawczym w Laboratorium Badawczym Robotów Przemysłowych IMP.

Zakres wykonanych badań (sprawdzeń) odpowiada zakresowi wykonywanych dla robota IRp (MERA PIAP). We wnioskach omówiono przyczyny jak i zasadność ograniczenia zakresu badań i wymagań zaproponowanych w ZN.

Przygotowany przez Zleceniodawcę egzemplarz robota nie był kompletny i nie zapewniał sprawdzenia niektórych funkcji użytkowych.

W komplecie urządzeń nie było urządzenia załączania zasilania, pulpitu pomocniczego oraz układu symulującego czujniki rozpoznawania przedmiotów. Ten fakt jak i negatywne wyniki są uzasadnieniem wniosków dotyczących powtórzenia badań dla kompletnego zestawu urządzeń.

Uzyskane wyniki umożliwiają dokonanie oceny badanych urządzeń oraz sformułowanie wniosków dotyczących koniecznych zmian konstrukcyjnych.

2. Ogólna charakterystykâ badanego urządzenia

Na rys.1 przedstawiono schemat blokowy kompletu urządzeń wchodzących w skład robota malarskiego RIMP 901Ex.

Podstawowe urządzenia to: manipulator RIMP 901, zasilacz hydrauliczny, urządzenie sterujące umieszczone w szafie typu RIMP 901Ex, urządzenie załączania zasilania UZZ. Przy wykorzystaniu robota do urządzenia sterującego przyłącza się następujące urządzenia współpracujące:

- rozdzielacz pneumatyczny do zasilania pistoletu malarskiego
- czujniki rozpoznawania przedmiotów
- czujnik startu
- pulpit pomocniczy o funkcjonalności pulpitu głównego umieszczonego na drzwiach szafy urządzenia sterującego.

Program użytkowy jest wprowadzany do urządzenia sterującego metodą uczenia. Program ten jest zapamiętywany w pamięci kasetowej. Do uczenia robota służy specjalna "przystawka do uczenia" zakładana na kiść

robota umożliwiającą prowadzenie pistoletu malarskiego i jego sterowanie.

Urządzenie sterujące jest specjalizowanym mikroprocesorowym sterownikiem pozycyjnym. Trajektoria ruchu przy uczeniu jest zapamiętywana przez zapis cyfrowy położenia 5-osi manipulatora (co 25ms). Przy odtwarzaniu programu położenia te są uzyskiwane w wyniku sterowania serwozaworów manipulatora

Na drzwiach szafy urządzenia sterującego umieszczono następujące urządzenia operatorskie:

klawiaturę z wyświetlaczem 8-cyfrowym i lampkami sygnalizującymi tryb pracy urządzenia (K - kaset-komputer, A - odtwarzanie automatyczne, U - uczenie). Trzy pierwsze pozycje wyświetlacza służą do wyświetlenia liczby dostępnych bloków pamięci, komunikatów o błędach i stanie czujników rozpoznania. Następne cztery pozycje służą do wyświetlenia numeru programu. Ostatnia pozycja służy do wyświetlenia numeru funkcji.

pulpit operatorski zawiera przyciski i lampki sygnalizacyjne: włączenie sieci, włączenie i wyłączenie silnika zasilacza hydraulicznego, zasilania rozdzielacza pneumatycznego, zezwolenia na przyjęcie startu programu; przycisk stopu awaryjnego.

wziernik , przez który można obserwować pracę pamięci kasetowej.

Robot jest przeznaczony do pracy w strefach zagrożenia wybuchem.

Wykonanie Ex uzyskano przez umieszczenie urządzenia sterującego w szafie o specjalnej konstrukcji i kontrolowanych parametrach wewnątrz szafy (temperatura, nadciśnienie, otwarcie drzwi). Przy przekroczeniu kontrolowanych parametrów zasilanie sieciowe szafy jest wyłączane przez UZZ. Urządzenie załączania zasilania UZZ uniemożliwia załączanie zasilania szafy przy wystąpieniu niedozwolonych parametrów wewnątrz szafy lub przy otwarciu drzwi. UZZ jest instalowany w strefie bezpiecznej.

Obwody interfejsowe we/wy urządzenia sterującego są wykonane jako iskrobezpieczne. Silnik zasilacza hydraulicznego ma wykonanie Ex.

Robot jest zasilany z sieci energetycznej trójfazowej z przewodem ochronnym. Obwód sieciowy poprzez UZZ jest wprowadzony do szafy urządzenia sterującego. Wewnętrzne układy urządzenia sterującego są zasilane z sieci jednofazowej 220 V. Silnik zasilacza hydraulicznego jest zasilany z sieci trójfazowej, obwodem sieciowym wyprowadzonym z szafy.

Wszystkie podstawowe urządzenia robota są wykonane w I klasie ochronności, posiadają zaciski ochronne.

Zgodnie z zaleceniem dokumentacji eksploatacyjnej robota RIMP 901Ex manipulator i szafa urządzenia sterującego powinny być połączone przewodem ochronnym Lg6.

Pobór mocy przez robota ok. 6,5 kW, w tym silnik zasilacza hydraulicznego 5,5 kW.

Obwody interfejsowe do urządzeń współpracujących i do manipulatorów posiadają oddzielenie galwaniczne, nie mają połączenia z obudową szafy.

Typowe sygnały przesyłane kablami interfejsowymi: do manipulatora sygnały TTL (ok) i analogowy ± 5 V (5 mA); do urządzeń współpracujących sygnały dwustanowe 0 do 6 V (obwody z barierami); do rozdzielacza sygnał dwustanowy 24 V.

Szafa wykonana jest z blachy stalowej o grubości 2 i 2,5 mm.

3. Warunki pracy robota w czasie badań

Zleceniodawca udostępnił do badań zestaw robota, którego urządzenia były usytuowane jak na szkicu sytuacyjnym pokazanym na rys.2.

Zestaw nie zawierał urządzenia załączania zasilania UZZ, a urządzenia współpracujące zostały zasymulowane uproszczonymi układami odwzorowującymi obciążenia obwodów we/wy urządzenia sterującego i urządzeń współpracujących oraz zapewniającymi funkcjonalne sprawdzenie we/wy. Na szkicu sytuacyjnym pokazano trasy ułożenia kabli połączeniowych badanego zestawu urządzeń.

Zestaw podstawowych urządzeń robota zawierał:

- urządzenie sterujące (szafa) typ RIMP 901Ex nr 01/88
- manipulator typ RIMP 901 nr 07/87
- zasilacz hydrauliczny typ RIMP 901 nr 861206/86
- przystawkę do uczenia (bez oznaczenia).

Zestaw urządzeń współpracujących zawierał:

- elektrozawór typ FESTO 24 V 50 Hz przyłączony do listwy zaciskowej szafy kablem typu SMYp 2x0,5 o długości ok. 3 m (symulacja rozdzielacza pneumatycznego)
- przycisk o działaniu chwilowym połączony do złącza 9x4 kablem typu TLY 2x0,35 o długości ok. 4 m (symulacja czujnika startu)
- cztery przełączniki typu ISOSTAT przyłączone do złącza 9x9 kablem wielożyłowym typu YTTYekw 24x0,35 o długości ok. 10 m (symulacja pulpitu pomocniczego, tylko obwodu stopu awaryjnego).

Zasilanie szafy było zrealizowane z przenośnej rozdzielni kablem oponowym czterożyłowym o długości 6 m zakończonym wtyczką siłową 32A. Długość kabla sieciowego do zasilacza hydraulicznego wynosiła ok. 8 m. Zaciski ochronne manipulatora i szafy połączono przewodem ochronnym LY6 o długości ok. 3,5 m. Manipulator był zamocowany do konstrukcji fundamentowej o nieznannej wartości impedancji uziemiającej. Na szkicu pokazano usytuowanie układu sieci sztucznej typ SMZ6 (INCO) stosowanej przy wszystkich pomiarach zakłócalności.

Błędy odwzorowania trajektorii i pozycji oceniano na podstawie obserwacji ruchów robota i siedmiu punktów pozycjonowania usytuowanych na lince i stojakach (rys.2).

Przeprowadzone sprawdzenie funkcjonalne urządzeń współpracujących. Stwierdzono, że w przyłączonym pulpicie pomocniczym działa tylko obwód przycisku stopu awaryjnego. Pozostałe przyciski nie oddziałują na urządzenie sterujące.

W czasie badań Zleceniodawca wykonał próbę przyłączenia układów symulacji czujników rozpoznawania. Ze względu na niepoprawne działanie tych układów we współpracy z urządzeniem sterującym zostały one odłączone i nie podlegały badaniom.

Ponieważ Zleceniodawca nie przeprowadził sprawdzeń rezystancji izolacji i wytrzymałości izolacji obwodów zewnętrznych urządzenia sterującego, zdecydowano przeprowadzić badania z sygnałami zakłócającymi, których parametry nie spowodują uszkodzeń.

Warunki otoczenia - Badania przeprowadzono w laboratorium u Zleceniodawcy. Temperatura otoczenia w czasie badań wynosiła od 20°C do 30°C. Wilgotność względna nie była kontrolowana.

Program testowy - wprowadzono do pamięci kasetowej metodą uczenia. Trajektoria ruchu była kontrolowana w siedmiu punktach pozycjonowania jak pokazano na rys.2. W czasie badań wykorzystywano dwa programy testowe. Pierwszy program o czasie trwania 130 s był wykorzystany do badań wstępnych zakłócalności obwodu sieciowego i zapoznania się z występującymi objawami zakłóceń. Badania ostateczne wykonano przy programie testowym trwającym ok.80 s. Przybliżoną trajektorię tego programu pokazano na rys.3.

Procedura badania - każdorazowo przy zmianie poziomu zakłóceń lub polaryzacji, po zakłóceniu realizacji programu, sprawdzono poprawność realizacji programu w warunkach bez zakłóceń.

Przy wystąpieniu wyłączeń zasilacza hydraulicznego pierwszy cykl programu po ponownym uruchomieniu nie był uwzględniany do oceny

poprawności pracy.

Procedura zakłócania była następująca:

- włączano zakłócenia o zadanych parametrach w badanym obwodzie
- uruchamiano realizację programu przyciskiem start
- obserwowano objawy zakłóceń w odtwarzaniu trajektorii i położeń oraz na elementach sygnalizacyjnych klawiatury i pulpitu głównego szafy sterującej
- obserwację prowadzono dla trzech cykli programu testowego
- rejestrowano największe błędy w odtwarzaniu trajektorii i położeń które wystąpiły dla każdego cyklu
- przy wyłączeniach zasilacza hydraulicznego wyłączano zakłócenia i rejestrowano komunikaty urządzenia sterującego, występujące przy próbie uruchomienia
- w przypadkach występowania wyłączeń zasilacza hydraulicznego w momencie włączenia zakłóceń przed uruchomieniem programu z przycisku startu, próbę ponawiano przy włączeniu zakłóceń po uruchomieniu programu

Przyjęte kryterium oceny zakłócalności - badany obwód robota jest odporny na zakłócenia o zadanych parametrach jeżeli w trzech kolejnych cyklach programu testowego:

- a) nie wystąpią błędy w odwzorowaniu trajektorii i położeń większe od ± 30 mm.

Kryterium to zostało zmodyfikowane po serii badań, w których stwierdzono, że robot w warunkach bez zakłóceń nie spełnia założonych w ZN błędów, błędu odwzorowania trajektorii ± 10 mm i błędu odwzorowania pozycji pistoletu ± 5 mm

- b) nie wystąpią zakłócenia informacji zawartych na wyświetlaczu i lampkach klawiatury i na lampkach pulpitu głównego
- c) nie wystąpią zakłócenia w realizacji odtwarzanego programu
- d) nie wystąpią uszkodzenia utrudniające obsłudze ponowne uruchomienie programu po przypadkach omówionych w p. b) i c).

4. Urządzenia pomiarowe

Badania zakłócalności wykonano następującymi urządzeniami pomiarowymi:

- sieć sztuczna typ SMZ6 (INCO) adaptowana przez MERA PIAP (zgodna z PN-86/E-06600 zał.1)
- symulator impulsów nanosekundowych 5/50 ns NSG225 + NGSZOOE (SCHAFER FNER) (zgodny z PN zał.1)

- symulator impulsów dużej energii 1,2/50 μ s (8/20 μ s) (MERA PIAP) (zgodny z PN zał.3)
- symulator wyładowań elektryczności statycznej SED-2 (MERA PIAP) (zgodny z PN zał.8)
- symulator zakłóceń sieciowych SZS-2 (MERA PIAP) (zgodny z PN zał.7)
- kłama pojemnościowa (MERA PIAP) (zgodna z PN zał.1)
- przystawka 3-fazowa do symulatora SZS-2 (MERA PIAP) (PN zał.7)
- symulator zakłóceń sinusoidalnych o częstotliwości sieci 0...500 V (PN zał.5) (MERA PIAP). 0...50A

5. Wyniki pomiarów

W opisie zaobserwowanych objawów zakłóceń wprowadzono następujące oznaczenia:

- BO - błąd odtworzenia trajektorii i pozycji w [mm]
- K - klawiatura urządzenia sterującego
 - K-W - zakłócenia w wyświetlanej informacji (przesuwanie i wygaszanie cyfr, wpisywanie nieprawidłowych)
 - K-L - niekontrolowane zmiany stanów lampek K,A,U
- PG - pulpity główny urządzenia sterującego,
 - PG-L - niekontrolowane zmiany stanów lampek: załączenia silnika ZH, zasilania rozdzielacza pneumatycznego, zezwolenia na przyjęcie startu
- ZH - zasilacz hydrauliczny
 - ZHwył - niekontrolowane wyłączenie silnika zasilacza hydraulicznego
- E2..E48 - komunikaty urządzenia sterującego po próbie uruchomienia
- M - manipulator
 - Mpa - manipulator pozycjonuje na skrajnych położeniach
- pr - program realizuje się np. po wyłączeniu ZH lub z błędami
- Uu - utrudnione uruchomienie robota, np. po wczytaniu programu z kasety

Lista komunikatów urządzenia sterującego:

- E2 - brak programu w pamięci RAM
- E6
- E7 - brak odczytu z katalogu programu
- E9 - załaduj program do RAM
- E11 - błąd systemu, defekt układu sterowania
- E12 - błąd serwozaworów
- E48 - reset systemu.

5.1. Odporności na zakłócenia impulsowe nanosekundowe 5/50 ns

5.1.1. W obwodzie zasilania i uzziemienia

Zakłócenia wprowadzano na każdy przewód obwodu zasilania R,S,T,0, metoda symulacji SN10. W obwód zasilania wprowadzono sieć sztuczną standaryzującą impedancję sieci zasilającej. Układ pomiarowy rys.4a
Czas narażenia zakłóceniami jednego poziomu i polaryzacji 3 cykle programu testowego.

Wyniki pomiarów zestawiono w tabl.1. Ze wzrostem amplitudy impulsów zakłócających wzrasta liczba rejestrowanych objawów zakłóceń. Pierwsze objawy zakłócenia są obserwowane w postaci błędów odtwarzania trajektorii i pozycji. Przy wystąpieniu błędów pozycji obserwuje się zjawisko płynięcia, powolnego korygowania pozycji do pozycji prawidłowej.

Dalsze objawy to niekontrolowane zmiany stanów wyświetlacza i lampek klawiatury oraz lampek pulpitu głównego, przy czym program testowy jest realizowany i układ sterujący reaguje na sygnał startu.

Przy amplitudach impulsów 2 kV występuje wyłączenie zasilacza hydraulicznego, przy czym program jest realizowany (obserwowano to na podstawie włączania i wyłączania rozdzielacza pneumatycznego). Przy próbie ponownego uruchomienia występują komunikaty świadczące o zakłóceniu pamięci RAM, niesprawności układu sterowania i serwozaworów wykonania resetu.

Często występują trudności w ponownym uruchomieniu wymagające wyłączenie sieci układu sterującego. Przy próbach ponownego uruchomienia kilkakrotnie manipulator przyjmował skrajne pozycje^{Mpa} (ramię do góry, kiść skrzycona w lewo).

Na podstawie pomiarów odporność obwodu sieciowego na zakłócenia impulsowe nanosekundowe 5/50 ns jest niższa od 0,5 kV, przy wymaganej w ZN 2 kV.

Wynik sprawdzenia negatywny.

Tabl. 1. Zakłócalność obrotu zasilania sieciowego
 dla impulsów namosekundowych 5/50ms

Amplituda impulsów KV faza	Objawy zakłóceń */				
	Bład odzworok mm	Kłania- tura K	Pulpit główny PG	Zasilacz hydraul. ZH	inne
program 130s (bez pulpitu pomocniczego PP)					
±0,5 R,S,T	bez objawów zakłóceń				
+0,5 O	70	-	-	-	-
-0,5 O	50	W,L	-	-	-
+1,0 O	65	-	L	-	-
-1,0 O	-	W,L	L	wyt.	E9, E2
+1,0 R	50	-	-	-	-
+1,0 S	50	W,L	L	-	-
-1,0 S	50	W,L	L	-	-
+1,0 T	50	-	-	-	-
-1,0 T	50	W,L	L	-	-
+2,0 R	50	W,L	L	wyt	program realizowany bez ZH
-2,0 R	60	W,L	L	wyt	-
+2,0 S	-	-	-	wyt	-
-2,0 S	-	-	-	wyt	nie reaguje na "start"
+2,0 T	-	W,L	-	wyt	niekontrolowane włączenie ZH, E11
-2,0 T	-	-	-	wyt	E12, manipulator Mpa
+2,0 O	-	48P	-	wyt	E7
-2,0 O	-	-	-	wyt	E7, E6, manipulator Mpa
program 80s (ze stopem awaryjnym PP)					
±0,5 R,S,T	bez objawów zakłóceń				
T	40	-	-	-	-
+0,5 O	-	W,L	L	-	-
-0,5 O	50	W,L	L	-	-
+1,0 O	100	W,L	L	-	-
-1,0 O	-	W,L	L	-	-
+1,0 R	60	-	-	-	-
-1,0 R	45	-	-	-	-
+1,0 S	60	W,L	L	-	-
-1,0 S	60	W,L	L	-	-
+1,0 T	45	W,L	L	-	-
-1,0 T	-	-	-	-	-
+2,0 R	-	W,L	L	wyt.	E48
-2,0 R	60	W,L	L	wyt.	E48
+2,0 S	-	W,L	L	wyt.	E48, E6, E12
-2,0 S	-	-	-	wyt	E11, E12, E48
+2,0 T	-	W,L	-	wyt	E12, utrudnione uruchomienie
-2,0 T	-	-	-	wyt	E9, E2
+2,0 O	Błędy w progr. realizoh.	-	-	wyt	E42, E2, po uruchomieniu błędny w realizowanym program
-2,0 O	-	-	-	wyt	program realizowany bez ZH E48, E12, E9

*/ oznaczenia objawów zakłóceń w tekście p.5

M

5.1.2. Obwodu interfejsowego do manipulatora

Zakłócenia wprowadzano na pancerze w środku długości kabli względem zacisku ochronnego szafy $\frac{1}{2}$ metoda SN10. Elementem sprzęgającym generator zakłóceń z punktem pomiarowym był kondensator 33 nF. Układ pomiarowy pokazano na rys.4b.

amplituda impulsów	objawy
$\pm 0,5$ kV	bez objawów zakłóceń
$\pm 1,0$ kV	BO 100 mm
$\pm 2,0$ kV	BO 100 mm
$\pm 4,0$ kV	K-W,L, PG-L

Nie zaobserwowano zauważalnych różnic w poziomie zakłócalności między kablami.

Pomierzony poziom odporności 0,5 kV (SN10) przy wymaganym poziomie w ZN 1 kV.

Wynik sprawdzenia negatywny.

5.1.3. Obwód interfejsowy na elektrozawór rozdzielacza pneumatycznego

Zakłócenia wprowadzano na kabel metodą bliskiego pola elektrycznego (metoda symulacji SE10) przy pomocy klamry pojemnościowej. Układ pomiarowy pokazano na rys.4c.

Pomierzono następujące poziomy zakłócalności:

amplituda impulsów	objawy
$\pm 0,5$ kV	bez objawów zakłóceń
+1 kV	BO mm30, K-W,L, PG-L, ZHwył
-1 kV	K-W,L, PG-L, ZHwył
+2 kV	ZHwył K-48P
-2 kV	ZHwył

Pomierzony poziom odporności 0,5 kV (SE10) przy wymaganym poziomie w ZN 1 kV.

Wynik sprawdzenia negatywny.

5.1.4. Obwód interfejsowy przycisku start

Symulacja zakłóceń w obwodzie metodą SE10, układ pomiarowy - rys.4c.

Pomierzone poziomy zakłócalności

Amplituda impulsów	objawy
$\pm 0,5$ kV	bez objawów zakłóceń
$+1,0$ kV	BO-65 mm
$-1,0$ kV	BO-65mm, K-W,L
$+2,0$ kV	BO-60 mm, K-W,L, PG-L
$-2,0$ kV	samostart, K-W,L, PG-L

Pomierzony poziom odporności 0,5 kV (SE10) przy wymaganym poziomie w ZN 1 kV.

Wynik sprawdzenia negatywny.

5.1.5. Obwód interfejsowy do pulpitu pomocniczego (wejście stop awaryjny)

Symulacja zakłóceń w obwodzie metodą SE10, układ pomiarowy - rys.4c.

Pomierzone poziomy zakłócalności

amplituda impulsów	objawy
$\pm 0,5$ kV	bez objawów zakłóceń
$\pm 1,0$ kV	wyłączenie sieci

Pomierzony poziom odporności 0,5 kV (SE10) przy wymaganym poziomie w ZN 1 kV.

Wynik sprawdzenia negatywny.

5.1.6. Obwód interfejsowy do przystawki uczenia

Symulacja zakłóceń w obwodzie metodą SE10, układ pomiarowy rys.4c.

Kabel przystawki zakłócano w czasie odtwarzania programu.

Pomierzone poziomy zakłócalności

amplituda impulsów	objawy
$\pm 0,5$ kV	BO-60 mm
$+ 1,0$ kV	BO-60 mm
$-1,0$ kV	BO-100 mm
$+2,0$ kV	miga LED na przystawce K-W,L, PG-L
$-2,0$ kV	miga LED na przystawce K-W,L, PG-L

Pomierzony poziom odporności poniżej 0,5 kV (SE10) przy wymaganym poziomie odporności w ZN 1 kV.

Wynik sprawdzenia negatywny.

5.2. Odporność na zakłócenia impulsowe dużej energii 1,2/50 μ s

5.2.1. W obwodzie zasilania i uziemienia

Zakłócenia symulowano metodą SN30 przy wykorzystaniu sieci sztucznej typu SMZ6 (INCO). Układ pomiarowy pokazano na rys.4a.

Ponieważ indukcyjność sieci sztucznej jest mniejsza od wymaganej w PN, zwiększono energię impulsu zakłócającego. Częstość generacji impulsów 0,1 Hz.

Pomierzono następujące poziomy zakłócalności:

amplituda impulsu zakłócającego i energia	objawy
+1 kV 1 J (R,S,T,0)	bez objawów zakłóceń
+2 kV 4 J (R)	BO ok. 80 mm
-2 kV (R)	BO ok. 40 mm
+2 kV 4 J (S,T,0)	bez objawów

Dla większych amplitud impulsów zakłócających nie przeprowadzono badań ze względu na możliwość uszkodzenia filtrów sieciowych zastosowanych w urządzeniu sterującym oraz brak wyniku sprawdzenia izolacji.

Pomierzony poziom odporności 1 kV 1 J (SN30) przy wymaganym poziomie w ZN 2 kV 1 J.

Wynik sprawdzenia negatywny.

5.3. Odporność obwodów interfejsowych na zakłócenia sinusoidalne 50 Hz

Każdy obwód interfejsowy zakłócano metodą SM50, bliskim polem magnetycznym od przewodu z prądem 50 Hz owiniętego dookoła kabla badanego obwodu (3 zwoje na długości 1,5 m).

Dla wszystkich badanych obwodów interfejsowych do:

- manipulatora
- elektrozaworu rozdzielacza
- przycisku startu
- pulpitu pomocniczego (obwodu stopu awaryjnego)
- przystawki uczenia w czasie odtwarzania

przy prądzie 40 A 50 Hz (w przewodzie testowym, metoda SM50) nie zaobserwowano objawów zakłóceń.

W związku z brakiem wyników sprawdzenia izolacji obwodów nie wykonano sprawdzenia odporności przy metodzie symulacji SN50.

Pomierzony poziom odporności interfejsów układu sterowania na zakłócenia bliskim polem magnetycznym o częstotliwości sieci wynosi 40 A

(SM50).

Wymagany poziom odporności w ZN 20 A (SM50).

Wynik sprawdzenia pozytywny.

5.4. Odporność na krótkotrwałe zaniki napięcia sieci

Badanie przeprowadzono w układzie pomiarowym pokazanym na rys.5.

Zaniki napięcia sieci symulowano na wejściu sieci sztucznej, stycznikiem sterowanym przez symulator SZS-2.

Sieć sztuczną wykorzystano w celu zmniejszenia przepięć impulsowych występujących w czasie komutacji zasilania, które mogą fałszować wyniki pomiarów.

Zaniki symulowano z częstotliwością 0,1 Hz w każdej fazie oddzielnie i we wszystkich fazach jednocześnie.

Pomierzone poziomy zakłócalności:

faza	czas zaniku	objawy
R	od 0 do ok. 190 ms	bez objawów
S	-"-	-"-
T	od 0 do ok. 180 ms	-"-
T	powyżej 190 ms	wyłączenie sieci urządzenia sterującego
R,S,T	od 0 do ok. 10 ms	bez objawów
(jednoczes.)	powyżej 10 ms	wyłączenie sieci urządzenia sterującego

Pomierzony poziom odporności na krótkotrwałe zaniki napięcia sieci (we wszystkich fazach jednocześnie) wynosi ok. 10 ms (SS71) przy wymaganej w ZN²⁰ms.

Wynik badania negatywny.

5.5. Odporność na wyładowania elektryczności statycznej ESD

Badanie przeprowadzono przy symulacji wyładowań bezpośrednich (metoda SE80) na zewnętrzne powierzchnie szafy, elementy manipulacyjne dostępne przez operatora, na podstawę i ramię mocowania pistoletu manipulatora.

Wykonano serię pomiarów, w których potencjałem odniesienia dla ESD były: potencjał zacisku ochronnego szafy urządzenia sterującego lub potencjał zacisku ochronnego rozdzielni energetycznej.

Poziom zakłócalności przy wyładowaniach ESD z potencjałem odniesienia dla ESD ← potencjałem zacisku ochronnego szafy sterowniczej:

Wyładowania na szafę

- 2 kV wyładowania na dostępne punkty, bez objawów zakłóceń
- 2 kV wyładowania na prawą krawędź drzwi szafy pod pulpitem głównym, zakłócenia wyświetlacza i lampek klawiatury oraz lampek pulpitu głównego
- 4 kV wyładowania na płytę klawiatury powodują zakłócenia wyświetlacza (zmianę informacji) oraz stanów lampek klawiatury
- 4 kV wyładowania na prawą krawędź drzwi szafy powodują zmiany stanów lampek pulpitu głównego
- 4 kV wyładowania na środkową część drzwi przednich powodują wyłączenie zasilacza hydraulicznego, wyświetlanie komunikatu E48

Wyładowania na manipulator

- 2 kV, 4 kV 8 kV wyładowania na podstawę manipulatora, ramię do mocowania pistoletu - bez objawów zakłóceń.

W przypadku gdy potencjałem odniesienia dla ESD był potencjał zacisku ochronnego rozdzielni energetycznej pomierzono następujące poziomy zakłócalności:

Wyładowania na szafę

- 2 kV, 4kV wyładowania na dostępne punkty, bez objawów zakłóceń
- 6 kV wyładowania na drzwi przednie przy klawiaturze powodują zmiany stanów lampek klawiatury

Wyładowania na manipulator

- 2 kV do 8 kV bez objawów zakłóceń

Pomierzony poziom odporności na ESD wynosi ok. 2 kV (SE80) przy wymaganej odporności w ZN 4 kV.

Wynik sprawdzenia negatywny.

5.6. Sprawdzenia i pomiary dodatkowe

5.6.1. Sprawdzono, że uzwojenia silnika zasilacza hydraulicznego są połączone w trójkąt. Stąd, przy symulacji zaników dla pojedynczych faz nie jest możliwe uzyskanie efektu pełnego zaniku napięcia w tych fazach.

5.6.2. Sprawdzono odporność układu sterowania na zakłócenia impulsowe nanosekundowe od strony jednofazowej sieci zasilającej. W tym celu od bloku zasilaczy odłączono wewnętrzne obwody sieciowe i połączono obwód sieciowy zasilany z symulatora NSG225. Zakłócenia impul-

sowe nanosekundowe wprowadzono metodą SN bezpośrednio na oba przewody fazowe względem przewodu ochronnego. Stwierdzono, że przy amplitudach impulsów ± 2 kV nie występują objawy zakłóceń klawiatury i panelu głównego.

5.6.3. Sprawdzono odporność układu sterowania na krótkotrwałe zaniki napięcia sieci jednofazowej zasilającej blok zasilaczy. Po odłączeniu wewnętrznych obwodów sieciowych przyłączono obwód sieciowy zasilany z symulatora SZS-2.

Stwierdzono, że dla zaników o czasie trwania 10 do 12 ms oraz 20 do 22 ms występują udary prądowe powodujące zadziałanie bezpieczników 16 A w symulatorze. Stycznik sieciowy bloku zasilania wyłącza sieć przy zanikach o czasie trwania powyżej 39 ms.

5.6.4. Sprawdzono, że fakt pozostawienia przyłączonej do układu sterowania przystawki do uczenia podczas automatycznego odtwarzania programu nie wprowadza zauważalnych zmian w poziomie zakłócalności od strony obwodu zasilania sieciowego przy zakłóceniach impulsowych nanosekundowych. W związku z tym wszystkie badania przeprowadzono z przyłączonym kablem od przystawki i głowicą przystawki położoną na podstawie manipulatora.

5.6.5. Sprawdzenie odporności na zakłócenia impulsowe oddziaływujące na zacisk ochronny szafy - symulowano zakłócenia metodą SN10 w układzie pomiarowym pokazanym na rys.4d. Zakłócenia z generatora wprowadzono na zacisk ochronny szafy poprzez kondensator 33 nF względem obudowy rozdzielni energetycznej.

Przy amplitudach impulsów $\pm 0,5$ kV, ± 1 kV, ± 2 kV nie zaobserwowano objawów zakłóceń. Badanie przeprowadzono przy programie testowym 80 s. Ponownie pomierzono zakłócalność w układzie j.w., ale z dodatkowym połączeniem konstrukcji mocującej manipulator z zaciskiem zerującym sieci sztucznej i teście 130 s. Przy amplitudach impulsów ± 1 kV wystąpiły błędy w odwzorowaniu trajektorii i pozycji (ok. 45 mm).

Przy amplitudzie ± 2 kV wystąpiły zakłócenia wyświetlacza i lampek klawiatury oraz lampek pulpitu głównego.

Sprawdzono, że przy zakłóceniach $1,2/50$ μ s wprowadzonych na zacisk ochronny szafy względem zacisku ochronnego sieci sztucznej (obudowy rozdzielni) o amplitudzie ± 1 kV 1 J; ± 2 kV 4 J nie zaobserwowano objawów zakłóceń.

6. Stwierdzenia i wnioski

1. Na podstawie przeprowadzonych badań robota RIMP 901Ex o konfiguracji i warunkach badań opisanych w p.3 stwierdza się, że badany egzemplarz robota nie spełnia wymagań NZ-86.

Wyniki sprawdzeń ocenianych wg wymagań ZN są następujące:

- spr. odporności na zakłócenia impulsowe nanosekundowe 5/50 ns w obwodach zasilania, uziemienia i interfejsowych (p.5.1) -
wynik negatywny
- spr. odporności na zakłócenia impulsowe dużej energii 1,2/50 μ s w obwodzie zasilania i uziemienia (p.5.2.1) - wynik negatywny w obwodach interfejsowych (SM30) (p.5.2.2) - wynik pozytywny
- spr. odporności obwodów interfejsowych na zakłócenia sinusoidalne 50 Hz (metoda SM50) (p.5.3) - wynik pozytywny
- spr. odporności na krótkotrwałe zaniki napięcia zasilania w 3 fazach jednocześnie (p.5.4) - wynik negatywny
- spr. odporności na wyładowania elektryczności statycznej (p.5.5) - wynik negatywny

Powyższe wyniki uzyskano dla niekompletnego zestawu urządzeń robota i przy ograniczonym zakresie sprawdzeń funkcjonalnych (p.3).

2. Według wymagań PN-86/E-06600 badany robot można zakwalifikować do urządzeń o wykonaniu bez ochrony, nie może być stosowany w środowisku przemysłowym. Charakteryzuje się b.niską odpornością na zakłócenia impulsowe nanosekundowe (poniżej 0,5 kV), przy czym poziom odporności dla obwodu zasilania sieciowego jest niższy od poziomu odporności dla obwodów interfejsowych. Świadczy to o występowaniu wewnątrz szafy urządzenia sterującego silnego oddziaływania obwodu sieciowego 3-fazowego na układy wewnętrzne cyfrowe.

Potwierdzeniem tego stwierdzenia są wyniki z dodatkowych badań (p.5.6.2).

Poprawa odporności robota wymaga przeprowadzenia analiz rozwiązań, wprowadzenia zmian konstrukcyjnych oraz ich weryfikacji potwórnymi badaniami.

3. Zakres przeprowadzonych badań odpowiada zakresowi badań ^{KEM} wykonywanych dla robota typ IRp (MERA PIAP). Zakres sprawdzeń w ZN dla RIMP jest szerszy.

Uwagi dot. zakresu badań i wymagań umieszczonych w projekcie ZN dla RIMP:

- a) proponuje się w ZN pozostawić jedynie wymaganie i sprawdzenie odporności oraz wytrzymałości robota na zaniki napięcia sieci 3-fazowej. Sprawdzenia dla dynamicznych obniżzeń i podwyższeń napięcia (tabl. 7 lp.5, tabl.8 lp. 3), mogą być pominięte, jeżeli w ZN będzie przewidziane typowe sprawdzenie odporności na zmiany wartości napięcia zasilania. Dla wykonania sprawdzenia odporności na dynamiczne zmiany napięcia trzeba zastosować autotransformator lub transformator o regulowanym napięciu wyjściowym 3 fazowy, o dużej mocy. Ze względu na duże moce, znaczne prądy rozruchowe silnika oraz prądy udarowe załączania (p.5.6.3) nie można stosować prostych metod;
- b) aktualnie w warunkach krajowych nie ma możliwości przeprowadzenia sprawdzenia odporności robota na pole elektromagnetyczne wielkiej częstotliwości. W związku z tym proponuje się usunąć w ZN wymaganie i sprawdzenie (tabl.7 lp.6, tabl.4 lp,2, tabl.3 lp.1c);
- c) sprawdzenia odporności robota na bliskie impulsowe pola elektryczne i pola magnetyczne o częstotliwości sieci mogą dotyczyć jedynie szafy urządzenia sterującego. Dla manipulatora w ruchu występują znaczne trudności realizacyjne.

Biorąc pod uwagę zdolność ekranującą konstrukcji szafy (którą można oszacować dla grubości blachy 2 mm na ok. 260 dB dla pól elektrycznych o częstotliwościach, ok. 260 dB dla pól elektrycznych o częstotliwościach powyżej 500 Hz i ok. 300 dB dla pól magnetycznych o częstotliwościach powyżej 4 kHz, ok. 20 dB dla pól magnetycznych o częstotliwości 10 Hz) nie jest zasadne prowadzenie tych badań. Proponuje się usunąć z ZN stosowne wymagania i sprawdzenia (tabl. 7 lp.6, tabl.4 lp. 3,4,5);

- d) proponuje się skorygować wymagany poziom odporności obwodów zasilania sieciowego na składowe harmoniczne sieci i zakłócenia o częstotliwościach radiowych uwzględniając wymagania określone w publikacji IEC 550 (Interface between numerical controls and industrial machines).

Następnie proponuje się przeanalizować czy ten typ zakłóceń przy skorygowanym poziomie może mieć znaczący wpływ na poprawne działanie robota. Należy zauważyć, że przy dużych mocach urządzeń zasilanych z sieci 3 fazowej do sprawdzenia wpływu tego typu zakłóceń wymaga się złożonej aparatury sprzęgającej. Aktualnie PIAP nie posiada takiej aparatury.

Zależnie od wyniku analizy w ZN pozostawić skorygowane parametry lub usunąć wymaganie i sprawdzenie.

- e) w celu poprawnego określenia wymagań na odporność obwodów interfejsowych na zakłócenia sinusoidalne o częstotliwości poniżej 10 kHz i częstotliwościach radiowych należy:
- określić podstawowe parametry techniczne różnych grup obwodów we/wy (poziomy sygnałów, impedancje, charakterystyki czasowe lub częstotliwościowe)
 - przeanalizować parametry i rozwiązania układowe (w tym wpływu stosowanych barier iskrobezpiecznych)
 - uwzględnić przy analizie możliwe poziomy zakłóceń, szczególnie zakłóceń wyższych częstotliwości), które mogą wystąpić w środowisku mieszaniny wybuchowej.

Należy zauważyć, że nie jest zasadne określanie odporności np wejścia dla zakresu częstotliwościowego sygnału użytkowego.

- f) badania KEM powinny być przeprowadzane po pełnym uruchomieniu i badaniach technoklimatycznych, co najmniej poprzedzone sprawdzeniem rezystancji i wytrzymałości izolacji. Wynika to z faktu, że niektóre sprawdzenia mogą być niszczące przy nieprawidłowym montażu lub konstrukcji.

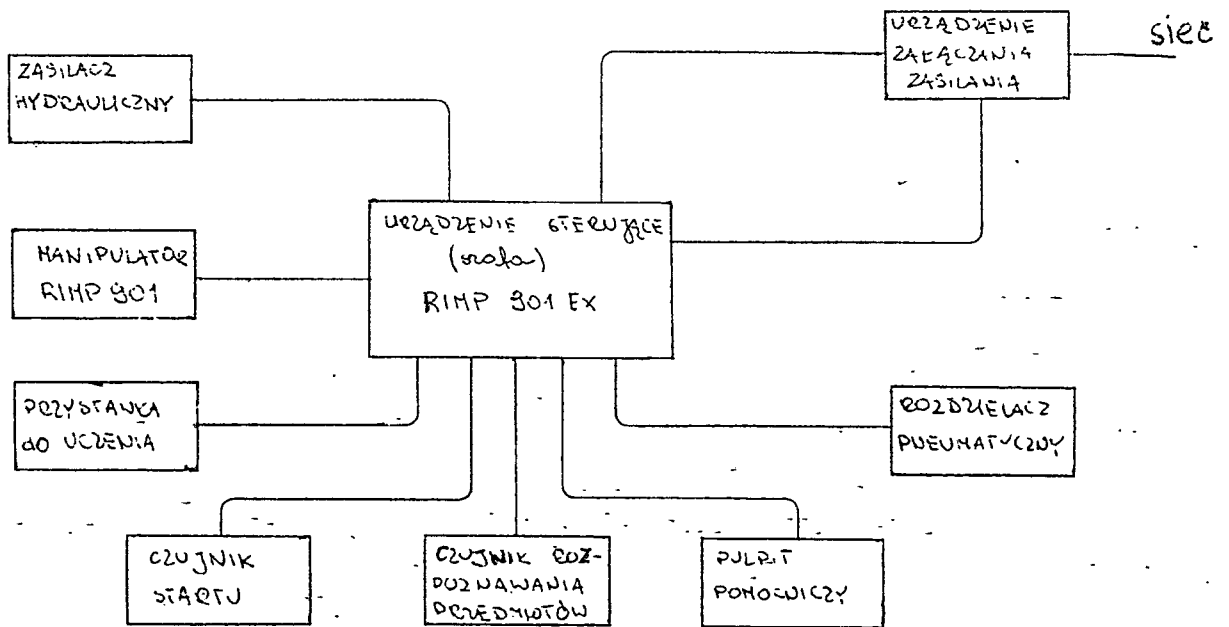
Ponieważ Zleceniodawca nie przeprowadził takich badań, nie wykonano sprawdzeń wytrzymałości robota na wielokrotne wyłączenia i włączenia i impulsy dużej energii oraz odporności obwodów interfejsowych przy metodzie SN50.

4. Powtórne badania zakłócalności powinny być przeprowadzone dla pełnego kompletu urządzeń robota i urządzeń współpracujących, umożliwiających sprawdzenie podstawowych funkcji użytkowych (w tym rozpoznawania **przedmiotu**, ograniczenia strefy roboczej manipulatora). Do połączeń powinny być użyte typy kabli, które są zależane przez producenta. Istotne jest określenie w ZN programu testowego jak i sposobu kontroli jego realizacji. Należy przeanalizować możliwość uproszczenia jak i zbiektyzowania pomiarów błędów przy odwozowaniu ruchów. Obserwowane znaczne błędy odwzorowania w warunkach bez zakłóceń sugerują weryfikację wymagań lub wprowadzenie odpowiednich zmian konstrukcyjnych.
5. Przy realizacji zmian konstrukcyjnych poprawiających odporność należy przeanalizować rozwiązania obwodu sieciowego i typowych grup obwodów we/wy oraz ich możliwe wzajemne oddziaływanie, związane z lokalizacją i oprzewodowaniem w szafie.
- a) niekorzystne jest rozwiązanie obwodu sieciowego, w którym wykorzystuje się przewód ochronny jako przewód roboczy z prądem.

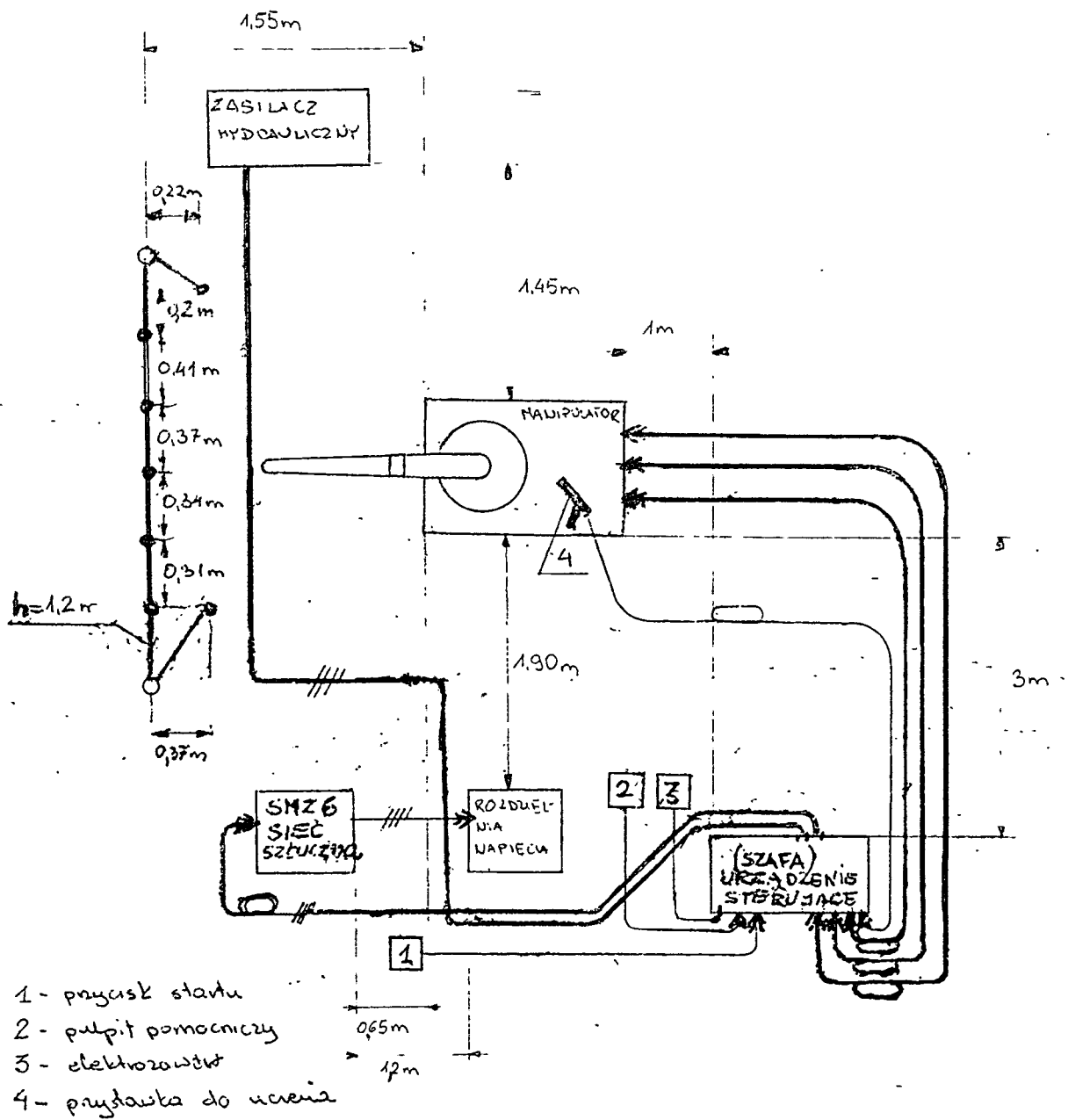
W takich rozwiązaniach zaleca się stosowanie transformatora izolującego, zasilanego z napięcia międzyprzewodowego.

Należy przeanalizować możliwość usunięcia z szafy 3 fazowych obwodów zasilania silnika zasilacza hydraulicznego.

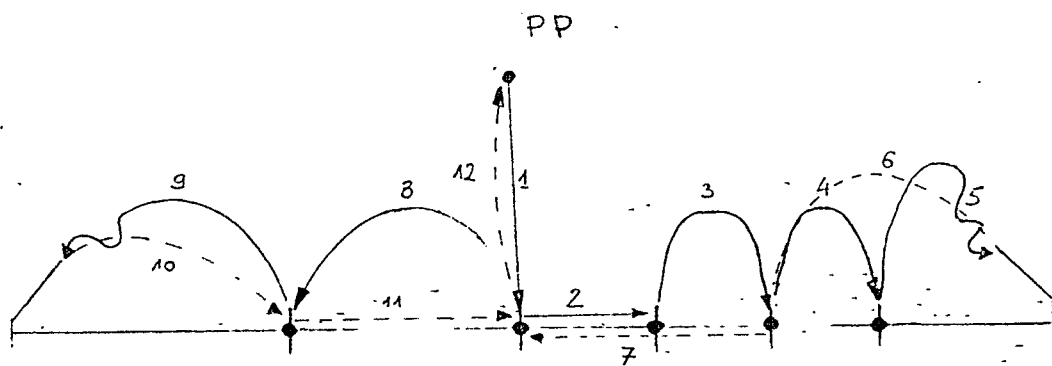
- b) zlokalizować przyczynę występowania dużego prądu uderowego przy włączeniu obwodu sieciowego na blok zasilaczy. Celowe jest zmniejszenie jego wartości.
 - c) badania wykazały, że układ sterujący nie ma poprawnie działających zabezpieczeń od obniżeń i zaników napięcia sieci bloku zasilania. Przy załączeniach nie zawsze występuje poprawny stan informacji na wyświetlaczu klawiatury. Należy szczegółowo przeanalizować zastosowane rozwiązania i wprowadzić stosowne zmiany.
 - d) po analizie wg wniosku 3e) rozważyć możliwość podniesienia poziomu odporności obwodów wejściowych i wyjściowych szafy sterowniczej przy uwzględnieniu ograniczeń wprowadzonych przez stosowane bariery iskrobezpieczne.
 - e) niska odporność robota demonstruje się zakłóceniem informacji wyświetlacza klawiatury, lampek sygnalizacyjnych klawiatury i pulpitu głównego. Należy rozważyć sposób prowadzenia kabli do elementów umieszczonych na drzwiach jak również programową obsługę tych elementów. Przykładowo, przy częstym odświeżaniu poprawnej informacji można dopuścić chwilowe zmiany.
6. Istotną wadą badanego robota jest fakt kontynuacji programu przy niekontrolowanych wyłączeniach zasilacza hydraulicznego. Brak jest prostej sygnalizacji dla obsługi o poprawności realizacji odtwarzania programu. Przy niskiej odporności elementów sygnalizacyjnych udostępnionych operatorowi, ich obserwacja nie daje właściwej oceny sytuacji, konieczna jest jednoczesna obserwacja manipulatora.



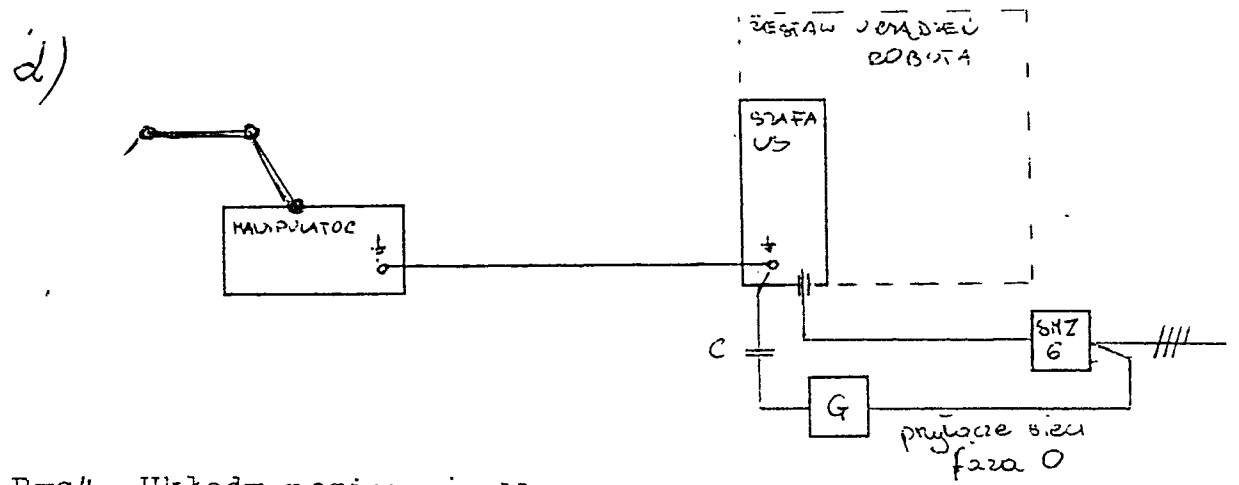
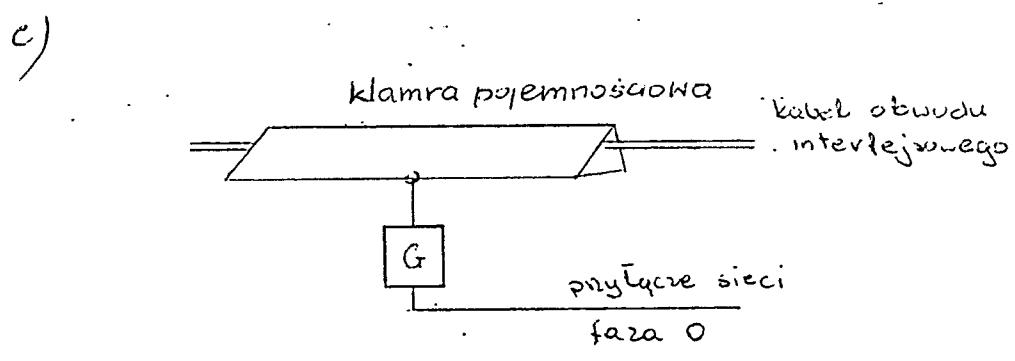
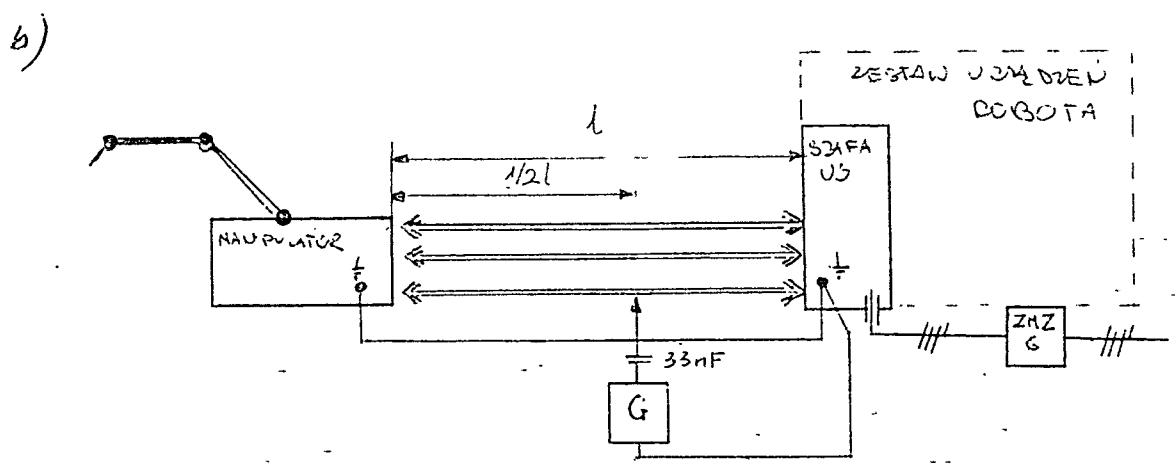
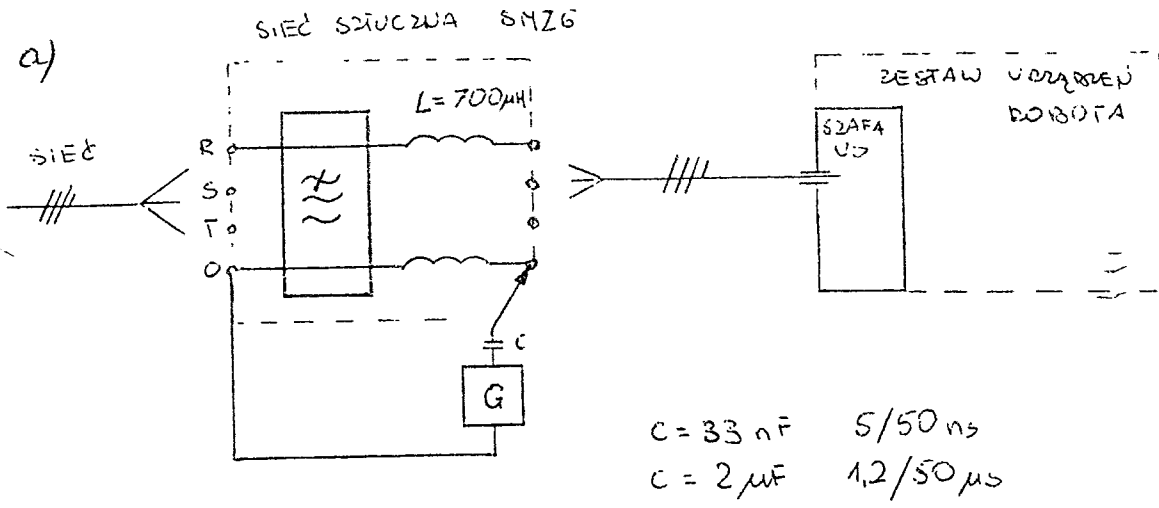
Rys.1. Schemat blokowy robota RIMP 901Ex



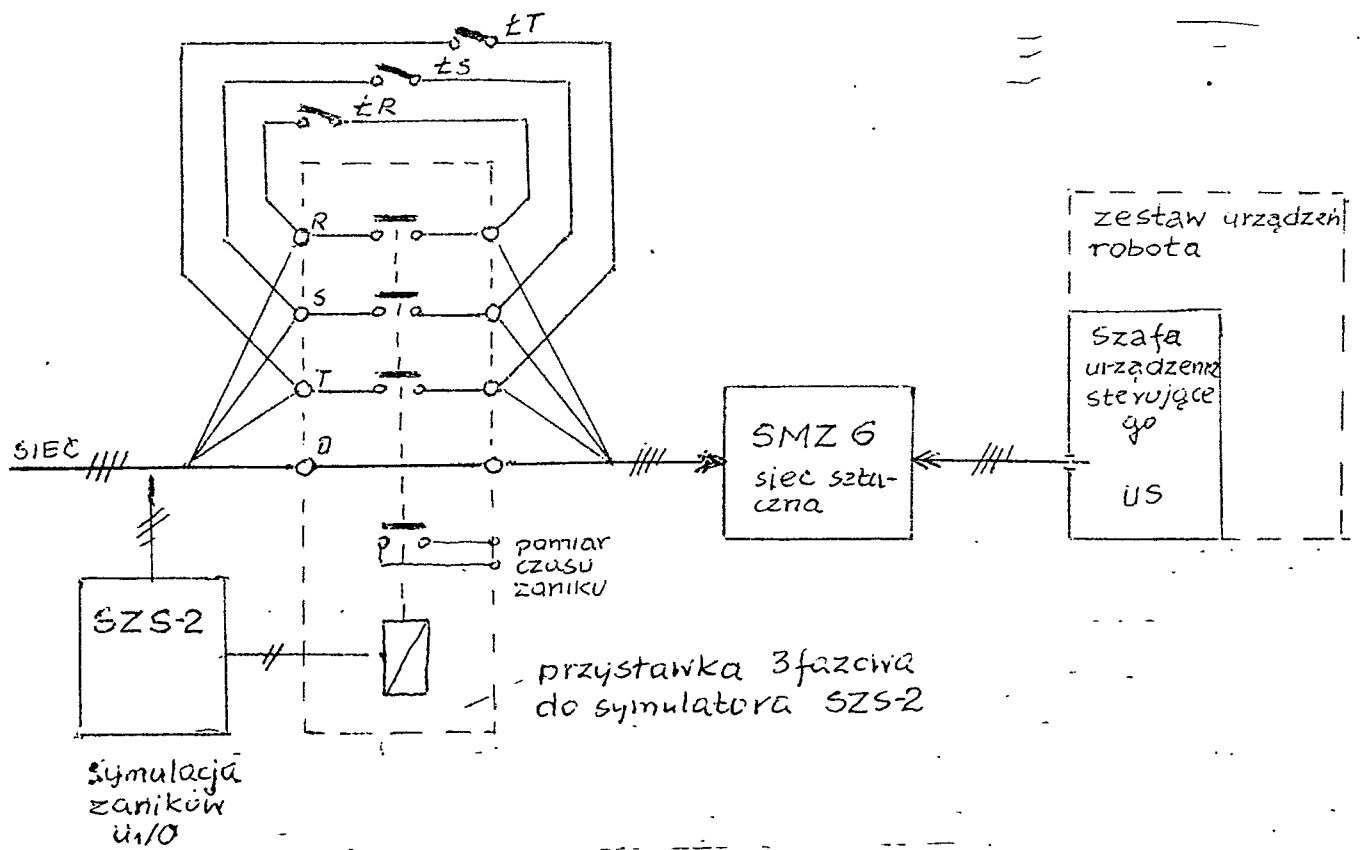
Rys.2. Usytuowanie urządzeń robota na stanowisku badawczym



Rys.3. Szkic trajektorii programu testowego 80s



Rys4. Układy pomiarowe dla zakłóceń impulsowych



zanik w fazie	LR	ES	ET
R	0	Z	Z
S	Z	0	Z
T	Z	Z	0
RST	0	0	0

Rys.5. Układ pomiarowy dla krótkotrwałych zaników napięcia sieci.