

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

OŚRODEK AUTOMATYKI ELEKTRYCZNEJ

074 Zespół Budowy Robotów i Serwomechanizmów A

Główny wykonawca mgr inż. G. Heszen G. Hensen.

Wykonawcy

Konsultant prof. dr inż. T. Sołtyk

Nr zlecenia
RP 77.4

Robot z napędem elektrycznym i sterowaniem MP i CP o udźwigu 120 kg. Opracowanie układu sterowania robota IRp-120 /bez oprogramowania/.
Etap 1.1. Opracowanie założeń.

Zleceniodawca CPBR 7.1

Pracę rozpoczęto dnia 86.05.01

zakończono dnia 86.11.15

Kierownik Zespołu

Z-ca Dyrektora
d/s Automatyki

Kierownik Ośrodka

dr inż. P. Jabłoński

dr inż. T. Gałązka

prof. dr inż. T. Miśala

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 12

Egz. 1 BOINTE

rysunków 2

Egz. 2 OAR

fotografii

Egz. 3 OAP

tabel

Egz. 4 OAE-3

tablic

Egz. 5 OAE-3

załączników

Egz. 6

Nr rejestr. 5673

Analiza deskryptorowa

Analiza dokumentacyjna

Tytuły poprzednich sprawozdań

UKD

PIAP-252/32-6000

2

SPIS TREŚCI

1. Wstęp
2. Charakterystyka części manipulacyjnej IRp-120 z punktu widzenia sterowania
3. Wymagania dla układu sterowania wynikające z konstrukcji części manipulacyjnej
4. Koncepcja rozwiązania układu sterowania
5. Propozycje szczegółowych rozwiązań konstrukcyjnych
6. Propozycje prac badawczych.

1. Wstęp

Przy opracowywaniu założeń przyjęto zasadę wykorzystania w maksymalnym stopniu podzespołów robotów, istniejących lub planowanych do opracowania. Pozwala to na unifikację podzespołów stosowanych do budowy robota o udźwigu 120 kg /IRp-120/ z podzespołami robota IRp-60.

2. Charakterystyka części manipulacyjnej IRp-120 z punktu widzenia sterowania

W części manipulacyjnej robota IRp-120 zostały zastosowane silniki PZTK 13-06 o mocy 1 kW, takie same jak używane do budowy robotów IRb-60 i IRp-60. Zastosowanie takich samych silników jak w przypadku robota o udźwigu 60 kg stało się możliwe dzięki zmniejszeniu masy części manipulacyjnej /konstrukcje spawane zamiast odlewów, równoważenie za pomocą siłowników pneumatycznych zamiast dowieszanych mas/. Ten sam typ silników umożliwia zarazem stosowanie dopasowanych do nich sterowników mocy typu MAK-1A oraz takich samych transformatorów mocy i dławików jak w układach napędowych robotów IRb-60 i IRp-60.

Jedynym napędem różniącym się od napędów dotychczas stosowanych jest napęd osi ψ , w którym ze względu na znaczne obciążenia dynamiczne zastosowano dwa silniki, sprzężone mechanicznie poprzez przekładnię zębatą. Rozwiązanie takie pociąga za sobą konieczność takiego sterowania silnikami, aby ich obciążenie momentem było jednakowe.

Ponadto, ze względu na większą wartość obciążenia użytkowego, zastosowano luzowniki elektromagnetyczne we wszystkich sterowanych osiach. O potrzebie stosowania luzowników we wszystkich osiach zadecydują badania funkcjonalne robota.

3. Wymagania dla układu sterowania wynikające z konstrukcji części manipulacyjnej

Układ sterowania robota IRp-120 powinien zapewnić:

- sterowanie 6 osiami robota, w tym osią ψ z dwoma silnikami pracującymi na wspólne obciążenie,
- sterowanie 7 luzownikami elektromagnetycznymi /po jednym dla ~~każdej osi~~ każdego silnika/

4

4. Koncepcja rozwiązania układu sterowania.

4.1. Opis ogólny.

Zespół sterujący napędem osi robota zawiera następujące elementy zasilające i silnoprowodowe:

- transformator sieciowy, przy czym jeden transformator może zasilac dwa układy napędowe,
- sterownik mocy,
- dwa dławiki: dławik prądów wyrównawczych i dławik szeregowy,
- wyłącznik nadmiarowo-prądowy, którego zestyki pracują w obwodzie stopu awaryjnego robota,
- ^{0V0Z} sterownik położenia osi, umieszczony w kasecie.

Jeden zespół sterujący napędem osi współpracuje z zespołem napędowym, zawierającym silnik, tachogenerator i TPK /resolver/, umieszczonym w części manipulacyjnej robota. Obecne rozwiązanie konstrukcyjne szafy sterowniczej robota IRp-60 umożliwia umieszczenie maksymalnie sześciu zespołów sterujących napędami osi oraz trzech dodatkowych sterowników położenia osi. Przy projektowaniu szafy zakładano, że podzespoły zasilające i silnoprowodowe będą umieszczone na zewnątrz szafy, natomiast sterowniki położenia osi muszą być umieszczone w szafie ze względu na konieczność współpracy z magistralą kasety.

Konstrukcja dodatkowej szafy, w której będą umieszczone zespoły sterujące napędami 7,8 i 9, osi, jest opracowywana w PIAP-OAE w ramach CPBR 7.1 - Cel nr 54.

Ponieważ zastosowanie siedmiu silników w części manipulacyjnej robota wymaga użycia jednego dodatkowego zespołu sterującego, narzuca się myśl zastosowania w tym celu szafy napędów 7,8,9 osi, opracowywanej w CPBR 7.1 Cel.54.

Szafa ta umożliwiłaby zarazem umieszczenie dodatkowych zespołów sterujących w przypadku instalacji użytkowych wymagających dodatkowych napędów, np. dla stołów obrotowych współpracujących z robotem.

W standardowym wykonaniu tej szafy dla robota IRp-120 /bez napędów osi 7,8,9/, byłby w niej umieszczony tylko napęd drugiego silnika osi ψ . W wykonaniu maksymalnym szafa zawierałaby także zespoły sterujące napędami 7,8 i 9 osi.

4.2. Napęd osi ψ .

Wyrównanie momentów obciążenia dwóch silników napędzających osi ψ powinno być zrealizowane poprzez takie ich sterowanie aby prądy w obu silnikach były jednakowe. Zależność między momentem rozwijanym przez silnik, a prądem w uzwojeniu jest następująca:

$$M = c \varnothing J$$

gdzie: M - moment

c - stała konstrukcyjna

\varnothing - strumień magnetyczny

J - prąd

Jeżeli przyjmiemy, że strumień magnetyczny jest w obu silnikach jednakowy, to sterowanie z zachowaniem jednakowych prądów zapewni jednakowe momenty obu silników. W rzeczywistości wartości strumienia magnetycznego w poszczególnych egzemplarzach silników mogą wykazywać różnice od 10%. Również tyle może więc wynosić różnica momentów rozwijanych przez silniki napędzające osi ψ przy sterowaniu z zachowaniem jednakowych prądów.

4.3. Opis schematu blokowego.

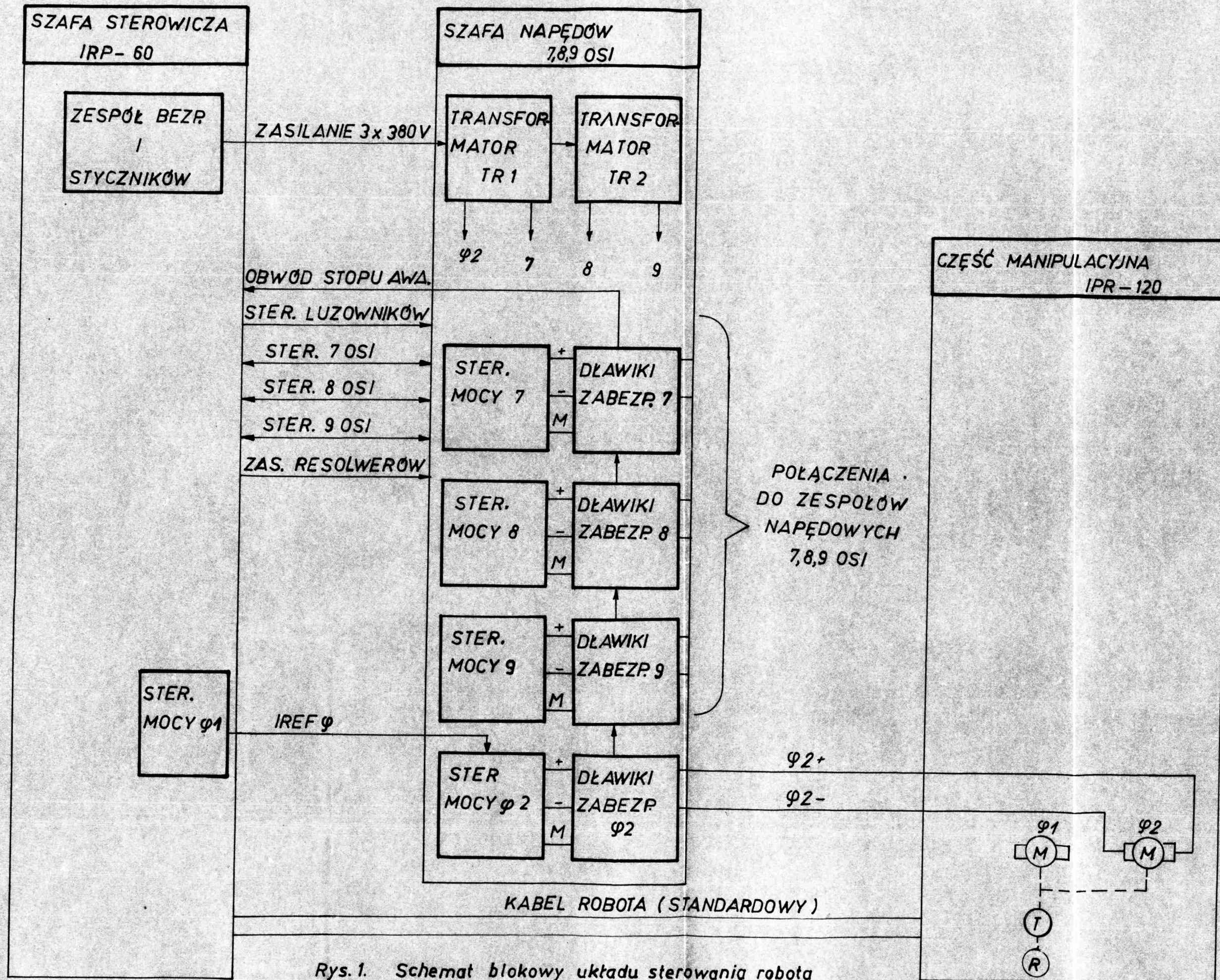
Schemat blokowy proponowanego rozwiązania przedstawia rys. 1. W rozwiązaniu stosowana jest szafa sterownicza IRp-60 w wykonaniu do sterowania robotem 6-osiowym. Sześć zespołów napędowych robota IRp-120 /w tym jeden z zespołów napędowych osi ψ oznaczony ψ 1/ jest sterowane w sposób konwencjonalny za pośrednictwem standardowego kabla robota. Również w sposób konwencjonalny sterowane są luzowniki napędów.

Drugi zespół napędowy osi ψ oznaczony ψ 2, zawiera tylko silnik. Sterowanie tym silnikiem zapewnia zespół sterujący, umieszczony w szafie napędów 7,8,9 osi.

Zespół sterujący składa się z następujących elementów:

- transformatora zasilającego TR1, którego jedno uzwojenie wyjściowe jest wykorzystane do zasilania napędu ψ 2, a drugie może być wykorzystane do zasilania napędu osi 7,
- sterownika mocy ψ 2
- pary dławików /prądów wyrównawczych i szeregowego/,

6



Rys. 1. Schemat blokowy układu sterowania robota IRp - 120.

- zabezpieczenia w postaci wyłącznika nadmiarowo-prądowego, którego zestyk normalnie zamknięty włączony jest w obwód stopu awaryjnego układu sterowania /szeregowo wraz z zestykami podobnych wyłączników dla pozostałych osi, w tym także 7,8 i 9 - jeżeli są one używane/.

W celu uzyskania jednakowych prądów silników $\varphi 1$ i $\varphi 2$, zastosowano wspólny sygnał prądu zadanego $IREF\varphi$ dla regulatorów prądu w obu sterownikach. Rozwiązanie to ilustruje schemat blokowy przedstawiony na rys.2.

W sterowniku mocy $\varphi 1$, na wyjściu regulatora prędkości powstaje sygnał $IREF\varphi$, odwzorowujący wartość prądu zadanego dla regulatora prądu.

Sygnał $IREF\varphi$ powstaje w wyniku przetwarzania przez regulator prędkości różnicy sygnałów prędkości zadanej $VREF\varphi 1$ i rzeczywistej $TG\varphi 1$ /z tachogeneratorsa/.

Zadaniem regulatora prądu jest utrzymywanie prądu silnika na poziomie określonym wartością sygnału $IREF\varphi$.

W tym celu regulator prądu przetwarza różnicę sygnałów prądu zadanego $IREF$ i rzeczywistego $IR\varphi 1$ na sygnał sterujący wzmacniaczem mocy. Działanie regulatora jest takie, że w stanie ustalonym prąd rzeczywisty jest równy prądowi zadanemu.

W sterowniku mocy $\varphi 2$ regulator prędkości nie jest wykorzystywany. Sygnałem prądu zadanego dla regulatora prądu jest sygnał $IREF\varphi$, ten sam co dla regulatora prądu sterownika mocy $\varphi 1$. Tym samym prądy silników napędów $\varphi 1$ i $\varphi 2$ będą jednakowe.

5. Propozycje rozwiązań konstrukcyjnych.

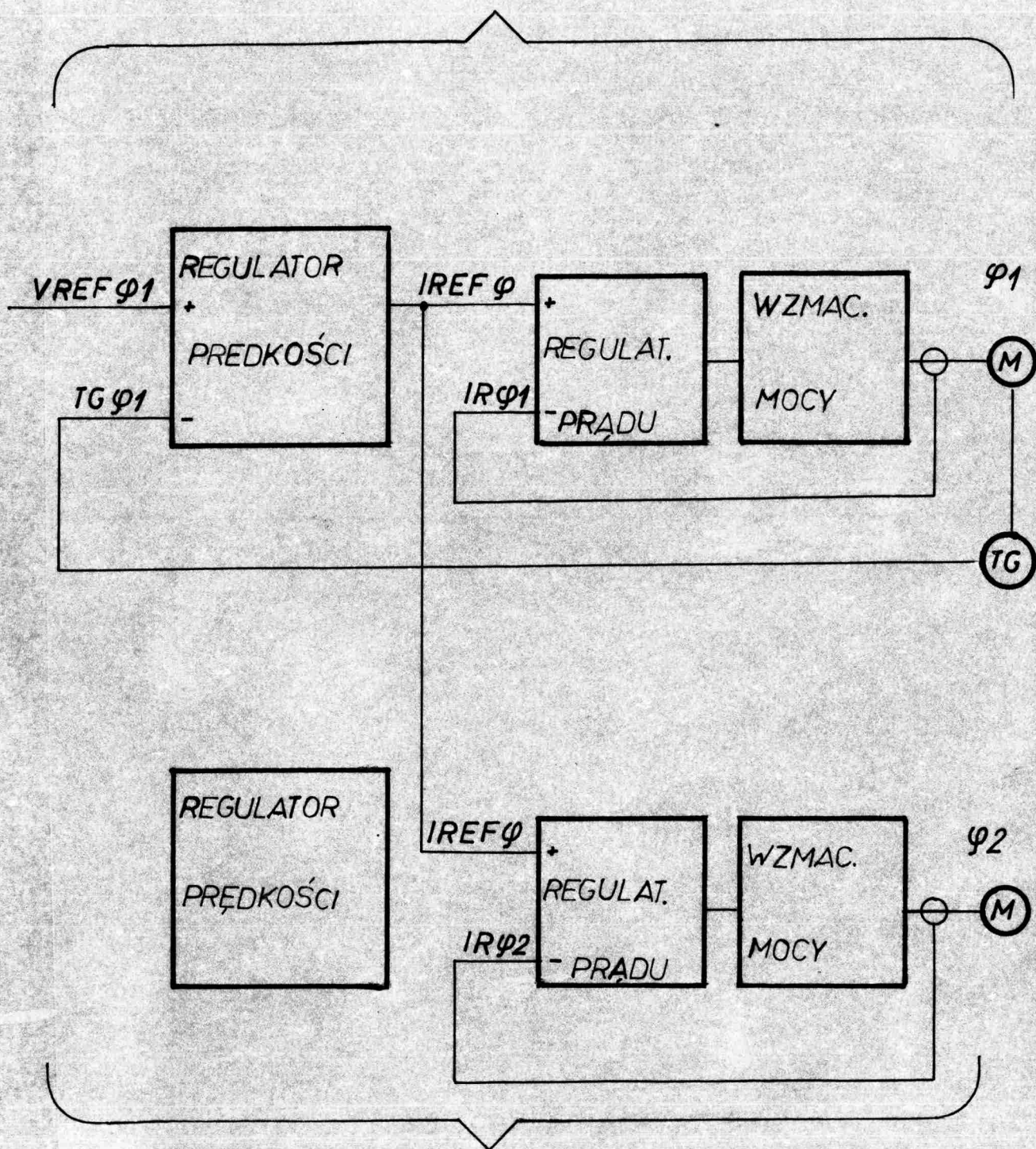
Z uwagi na wykorzystanie szafy napędów 7,8,9 osi jako części układu sterowania robota IRp-120, przedstawione niżej uwagi w znacznej mierze będą się odnosiły do tej szafy. Ponieważ prace nad tą szafą nie zostały jeszcze rozpoczęte jest możliwe uwzględnienie tych uwag przy konstrukcji szafy.

5.1. Połączenia w szafie IRp-60 /patrz "Robot IRp-60.

Schematy połączeń elektrycznych" oraz "Sterownik MAK-1A. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa"/.

W konstrukcji mechanicznej szafy IRp-60 przewidziane miejsce dla przyłączenia kabla zewnętrznego dla układów napędu 7,8, 9 osi. 8

STEROWNIK MOCY $\varphi 1$



STEROWNIK MOCY $\varphi 2$

Rys. 2 Schemat blokowy sprzężenia pomiędzy sterownikami mocy $\varphi 1$ i $\varphi 2$

Kabel ten będzie zakończony tzw. adapterem, zawierającym płytki drukowane ze złączami do kabli płaskich. Po zamocowaniu adaptera do obudowy szafy, do płytek adaptera będą dołączane następujące kable płaskie:

- sterowanie 7 osi /ze sterownika położenia 7 osi/
- sterowanie 8 osi /ze sterownika położenia 8 osi/
- sterowanie 9 osi /ze sterownika położenia 9 osi/
- zasilanie TPK /resolwerów/ /z pakietu zasilania TPK /resolwerów/ poprzez złącze X16 zespołu złącz.

Oprócz wymienionych czterech standardowych płytek, w adapterze należy zastosować jedną płytkę z listwą zaciskową do przyłączania pojedynczych przewodów.

Pojedynczymi przewodami będą prowadzone następujące sygnały:

- obwód stopu awaryjnego zawierający dwa przewody SAW1 i SAW2. Przewody te powinny być dołączone do LZ 3.11 i LZ 3.12 w zespole bezpieczników i styczników,
- sygnał sterowania luzowników, wykorzystujący dwa przewody BRAKE i OVC. Sygnał ten może być używany w zespołach napędowych 7,8 i 9 osi, a także do blokowania sterowników mocy tych osi oraz sterownika mocy ψ 2,
- sygnał prądu zadanego dla sterownika mocy ψ 2, wykorzystujący dwa przewody: IREF ψ oraz OV. Przewody te powinny być dołączone do zacisków odpowiednio 13 i 4 sterownika mocy osi ψ . W sterowniku należy zmostkować rezystory R117 i R118.

Ponadto, z szafy sterowniczej powinno być wyprowadzone napięcie zasilania 3 x 380:V oraz przewód zera ochronnego. W tym celu w adapterze należy przewidzieć przepust dławnicowy do przeprowadzenia czterożyłowego kabla sieciowego. Wewnątrz szafy kabel ten należy dołączyć do zespołu bezpieczników i styczników - zaciski LZ1.12,13 i 14, natomiast przewód ochronny do zacisku uziomowego szafy. Wymienione wyżej połączenia /za wyjątkiem połączenia sygnału IREF ψ / będą połączeniami standardowymi dla układu sterowania IRp-60 z napędami 7,8 i 9 osi.

5.2. Kabel pomiędzy szafą IRp-60 a szafą napędów 7,8,9 osi.

Kabel łączący szafę sterowniczą IRp 60 z szafą napędów 7,8,9 osi będzie składał się w rzeczywistości z dwóch kabli:

- kabla sygnałowego do prowadzenia sygnałów wymienionych w punkcie 5.1,
- kabla energetycznego 3x380V + zero ochronne.

Kable te powinny być spięte i prowadzone razem. Przewiduje się umieszczenie szafy napędów 7,8,9 osi w pobliżu szafy sterowniczej IRp-60; stąd proponowana standardowa długość kabla wynosi 3 m.

5.3. Połączenia wewnątrz szafy napędów 7,8,9 osi.

Oprócz połączeń przewidzianych do sterowania napędami 7,8,9 osi, które będą zaprojektowane w ramach CPBR 7.1, cel nr 54, w szafie tej należy przewidzieć połączenia dla napędu osi ψ 2 w robocie IRp-120.

Do sterownika mocy osi ψ 2 należy doprowadzić sygnał IREF ze sterownika mocy osi ψ /z szafy IRp-60/. W tym celu należy:

- usunąć ze sterownika rezystor R117, poprzez który normalnie jest przesyłany sygnał IREF do regulatora prądu, oraz zmostkować rezystor R118 /patrz "Sterownik MAK-1A. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa"/,
- do zacisków 13 i 4 sterownika dołączyć przewód sygnału IREF ψ oraz przewód zerowy.

Połączenia z dławikami, wyłącznikiem nadmiarowo-prądowym, transformatorem zasilającym i zasilaczem $\pm 15V$ powinny być wykonane standardowo.

5.4. Połączenia pomiędzy szafą napędów 7,8,9 osi, a częścią manipulacyjną IRp-120.

Część manipulacyjna robota IRp-120 wymaga, oprócz połączeń do sterowania napędami sześciu osi, połączeń do sterownika silnikiem osi ψ 2. Połączenie to powinno być wykonane dwużyłowym kablem energetycznym, wyprowadzonym poprzez przepust z szafy napędów 7,8,9 osi. Poprzez analogiczny przepust kabel ten powinien być wprowadzony do części manipulacyjnej robota IRp-120.

Celowe jest spięcie tego kabla razem z kablem robota na odcinku pomiędzy szafą napędów 7,8,9 osi i częścią manipulacyjną IRp-120.

6. Propozycje prac badawczych.

6.1. Badania funkcjonalne części manipulacyjnej IRp-120.

Do badań funkcjonalnych części manipulacyjnej IRp-120 należy zbudować stanowisko zawierające:

- szafę sterowniczą IRp-60 z wyposażeniem do sterowania robotem 6-osiowym,
- standardowy kabel robota,
- sterownik mocy MAK-1A /dla osi φ 2/
- dławik prądów wyrównawczych SLMF 123 R/P
- dławik szeregowy SLMF 123/P.
- wyłącznik nadmiarowo-prądowy TSA 11-16
- kable przyłączeniowe.

Elementy te należy połączyć zgodnie z opisem podanym w p.5.

Do badań powinien być także przygotowany program sterujący w wersji dla robota IRp-120.

6.2. Badania modeli/prototypów, robota IRp-120.

Do badań tych należy zastosować szafę napędów 7,8,9 osi, zaprojektowaną zgodnie z podanymi uprzednio modyfikacjami, dotyczącymi napędu osi φ 2 robota IRp-120.

Szafa ta będzie opracowana w CPBR 7.1 cel 54.

Stanowisko badawcze będzie takie samo jak normalne stanowisko eksploatacyjne robota i będzie zawierało:

- szafę sterowniczą IRp-120 /z programem sterującym IRp-120/
- szafę napędów 7,8,9 osi z zespołem sterowania napędem osi φ 2
- część manipulacyjną IRp-120
- kable.

6.3. Harmonogram prac badawczych.

W ramach prac badawczych przewiduje się następujące działania:

- #### 6.3.1. Udział w sprawdzeniu koncepcji napędu osi φ przez dwa silniki. Sprawdzenie to będzie wykonane na stanowisku pomiarowym przygotowywanym obecnie przez OAR. Prawdopodobny termin gotowości stanowiska do prób - I kw.87r.
- Do sprawdzenia nie jest potrzebna szafa sterownicza ani szafa napędu 7,8,9 osi.

12

6.3.2. Udział w badaniu modeli części manipulacyjnej -
termin 88.06.30.
Do przeprowadzenia badań potrzebne będzie stanowisko
opisane w p. 6.1.

6.3.3. Wykonanie 3 prototypów układu sterowania - termin
89.11.30, udział w uruchomieniu i badaniach prototypów
- termin 90.06.30.

W prototypach należy wykorzystać szafy napędów
7,8,9 osi, opracowane w ramach CPBR 7.1 cel nr 54.
Termin zakończenia opracowania szaf 88.12.15.