

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

OŚRODEK ROBOTÓW PRZEMYSŁOWYCH

074

OAR

A

Wykonawcy: dr inż. Ryszard Sawwa, mgr inż. Jerzy Grześlak,
~~Główny wykonawca~~ mgr inż. Eugeniusz Łukasik, mgr inż. Stanisław
Muc, mgr inż. Stefan Świder, prof. dr inż.
Wykonawcy Tadeusz Missala, mgr inż. Marek Pachuta, mgr
inż. Wojciech Hernik,

Konsultant

Nr zlecenia RP-16

"Robotyzacja linii 6 pras średnich
300 T".

p-kt kontrolny nr 2:

"Zwiększenie wydajności stanowiska
doświadczalnego".

Zleceniodawca CPBR 7.1.

Prace rozpoczęto dnia styczeń 1989 r.

30 czerwca
zakończono dnia 1989 r.

Kierownik Zespołu Z-ca Dyrektora
d/s Automatyki

Kierownik Ośrodka

dr inż. R. Sawwa

mgr inż. L. Przybylski

dr inż. T. Gałazka

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 21

Egz. 1 BOINTE

rysunków 5

Egz. 2 FSM-Tychy

fotografii

Egz. 3 OAR

tabel

Egz. 4

tablic 10

Egz. 5

załączników 6

Egz. 6

Nr rejestr. 6309

Analiza deskryptorowa

ROBOTY PRZEMYSŁOWE, ROBOTYZACJA LINII PRAS

Analiza dokumentacyjna

Praca zawiera informacje o przebiegu i wynikach zwiększenia wydajności doświadczalnego stanowiska zrobotyzowanej jednej prasy na linii 22 pras średnich 300T na tłoczni w FSM-Tycho.

Tytuły poprzednich sprawozdań

- "Opracowanie wymagań i koncepcji technicznej zrobotyzowanej linii"
Nr rej. 5988.
- "Montaż, uruchomienie i próby badawcze doświadczalnego stanowiska zrobotyzowanej jednej prasy" - Nr rej. 6193.
- "Projekt techniczny zrobotyzowanej linii pras średnich" - rej. 619

338.45:62/69 } .002. 7/2 Roboty przemysłowe

621.979

Pramy

UKD

SIAP: 252/53-2000

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	1
2. ZWIEKSZENIE WYDAJNOŚCI STANOWISKA POPRZEZ ZMIANY TRAJEKTORII/RUCHU ROBOTÓW	2
3. ZWIEKSZENIE WYDAJNOŚCI STANOWISKA POPRZEZ WPROWADZENIE NOWEGO SPOSOBU OBSŁUGI PRAS PRZEZ ROBOTY	4
4. ZWIEKSZENIE SZYBKOŚCI PRACY ROBOTÓW /WPROWADZENIE DO STANOWISKA/	5
5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI	20

1. WSTĘP

1

Po realizacji zadania 1.5 "Montaż, uruchomienie i próby badawcze doświadczalnego stanowiska zrobotyzowanej jednej prasy" /termin realizacji 15.12.1988/, celu Nr 16 pt. "Robotyzacja linii 6 pras średnich 300 T", CPBR 7.1, podjęto prace mające na celu zwiększenia wydajności technologicznej tego stanowiska. Prace te zostały wprowadzone do harmonogramu celu jako punkt kontrolny 2 pt. "Zwiększenie wydajności stanowiska doświadczalnego" z terminem realizacji 30-06-1989.

W poprzednich opracowaniach tematu - "Opracowanie wymagań i koncepcji technicznej zrobotyzowanej linii" /zadanie 1.1 - z terminem realizacji 15-12-1987/ oraz "Projekt techniczny zrobotyzowanej linii pras średnich" /zadanie 1.6 - z terminem realizacji 15-12-1988/ przyjęto, że zrobotyzowana linia winna osiągać wydajność „minutową” 8 sztuk/min co odpowiada czasowitaktu 7,5 sek a automatyka winna wykazywać się sprawnością 0,82.

Przyjęta w/w w tych opracowaniach wydajność jest zgodna z wydajnością, którą w ofercie na robotyzację jednej z linii pras w FSM-Tychy miała zapewnić firma Comau.

Wymagana wcześniej wydajność minutowa dla zrobotyzowanego stanowiska doświadczalnego / i linii/, /wg pisma FSM do MERA-PIAP Nr 02/TP/7/87 z dn. 02-01-1987/ wynosiła 400 szt/godz t.j. 6,7 szt/min zgodnie z wymaganym czasem taktu linii równym 0,0025 godz, t.j. 9sek.

W/g opisu stanu istniejącego ^{przy obsłudze ręcznej} linii produkcyjnej Nr 22 pras średnich w w/w opracowaniu - (spr-nie z realizacji zadania 1.1), czas jednostkowy /takt linii/ wynosi dla jednego z detali 0,0021 godz a dla dwóch pozostałych, przewidzianych w tym opracowaniu do produkcji na zrobotyzowanej linii, wynosi 0,00228 godz, co odpowiada wydajności minutowej, odpowiednio 8 i 7,3. Aby osiągnąć średnią wydajność linii produkcyjnej /w długim czasie/ równa 6 szt/min, przy uwzględnieniu w/w współczynnika sprawności, należałoby uzyskać wydajność minutową równą 7,3. Z kolei przy osiągnięciu wydajności minutowej równej 8, przy uwzględnieniu takiego współczynnika sprawności, osiąga się średnią wydajność równą 6,6.

4

Celem zwiększenia wydajności stanowiska doświadczalnego było umożliwienie określenia na tej podstawie możliwej do osiągnięcia wydajności minutowej zrobotyzowanej linii z zamiarem uzyskania wydajności minutowej bliskiej 8 szt/min. Bezpośrednio po uruchomieniu stanowiska doświadczalnego osiągnięto wydajność minutową równą 4, a w czasie prób stanowiska, poprzez usprawnienia w programach użytkowych, zwiększono tę wydajność do 5.

W ramach p-ktu kontrolnego 2 przeprowadzono analizę możliwości zwiększenia wydajności stanowiska doświadczalnego i w jej wyniku podjęto prace w trzech kierunkach zwiększenia tej wydajności, poprzez:

- zmiany trajektorii ruchów robotów z jednoczesnymi zmianami w zakresie innych urządzeń wchodzących w skład stanowiska,
- wprowadzenie innego sposobu obsługi pras przez roboty,
- zwiększenie prędkości maksymalnej robotów.

Do egzemplarza Nr 3 sprawozdania załączono jako zał. L.1, L.2, L.3, L.4 i L.5 przebiegi z pomiarów prędkości i prądów w napędach dla robotów IRb-6 i 60 w MERA-PIAP i FSM-Tychy.

2. ZWIĘKSZENIE WYDAJNOŚCI STANOWISKA POPRZEZ ZMIANY TRAJEKTORII RUCHÓW ROBOTA

W zakresie omawianego kierunku prac przeprowadzono analizę

- konstrukcji i funkcjonalności urządzeń stanowiska pod kątem wzajemnej współpracy,
- trajektorii ruchów robotów
- programów użytkowych robotów pod kątem płynności pracy stanowiska i współpracy robotów.

W oparciu o analizę sformułowania następujące uwagi i wnioski:

Poziom pobierania wykrojki z podajnika blach przed pierwszą prasą różny od poziomego odkładania w tej prasie wymusza takie ruchy robota podającego wykrojki na pierwszą prasę, które można wyeliminować przez zapewnienie jednako poziomego pobierania i odkładania.

Pobieranie i odkładanie wykrojki i wytłoczki przez robot przed pierwszą prasą IRb-6 i robot między pierwszą a drugą prasą IRb-60 - patrz rys.1, odbywa się przy użyciu instrukcji pozycjonowania dokładnego. Celowe jest wykonanie tych operacji inaczej, dla skrócenia czasu cyklu.

Czujnik grubości blachy zabudowany na chwytaku robota podającego IRb-6 nie zapewnia właściwej pracy stanowiska. Czujnik ten należy rozwiązać lub umieścić inaczej tak, aby pomiar nie wymagał specjalnych ruchów robota.

Roboty IRb-6 i IRb-60 wykonują ruchy omijania korpusów pras co istotnie wpływa na czas trwania cyklu pracy. Konieczne jest wyeliminowanie lub zmniejszenie zakresu tych ruchów poprzez zmianę usytuowania robotów lub zastosowania innych środków technicznych eliminujących lub zmniejszających te ruchy. W trakcie pracy robot IRb-60 wykazywał wyraźne zatrzymanie w pracy co wymaga zmiany w programie użytkowym w zakresie jego współpracy z robotem IRb-6.

W wyniku analizy a następnie uwag i wniosków wprowadzono zmiany i usprawnienia w pracy stanowiska jak niżej.

Doprowadzono, poprzez zmiany w prasach, do uzyskania jednakowego poziomu pobierania i odkładania. W programie użytkowym robota IRb-60 pobieranie i odkładanie wytłoczki zrealizowano z zastosowaniem instrukcji pozycjonowania zgrubnego z użyciem określonego doświadczalnie czekania bezwarunkowego. W robocie IRb-6 nie było to możliwe bez gabarytowego zwiększenia baz w tłoczniku prasy pierwszej.

Czujnik grubości blachy zabudowano na konstrukcji podajnika wykrojek tak, że wykonywany ruch do badania grubości jest minimalny.

Zmieniono usytuowanie robota IRb-6 w stosunku do podajnika wykrojek i prasy pierwszej, tak że ruchy omijające przeszkody zostały istotnie zmniejszone.

W robocie IRb-60 wyeliminowano ruch w osi V, omijający konstrukcję prasy, poprzez zastosowanie skokowej zmiany wysięgu chwytaka robota przy pomocy cylindra pneumatycznego.

Zmieniono program użytkowy robota IRb-60 tak, że robot posiadający dłuższy cykl pracy nie zatrzymuje się w czasie cyklu pracy, a dostosowanie czasowe we współpracy obu robotów zapewnia robot IRb posiadający cykl pracy krótszy.

Po wprowadzeniu zmian j.w. uzyskano skrócenie cyklu (taktu) pracy stanowiska do 10 sekund, a więc wydajność minutową 6. Wszystkie zmiany sprzętowe i programów użytkowych w stanowisku pozwoliły więc zwiększyć wydajność z 4 do 6 szt/min. Należy dodać, że w trakcie pracy automatycznej z wyższą wydajnością ujawniły się wyraźnie pewne mankamenty rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń stanowiska.

Podajnik wykrojek POG, z uwagi na swoją budowę, nie zapewnia dokładnego i stałego położenia pobieranej wykrojki. Położenie to zależy od stopnia napełnienia magazynków oraz od kształtu blachy. Ponadto nie zapewnia on pobierania pojedynczej blachy co warunkowane jest technologią wycinania wykrojek /graty powodujące łączenie się blach/ oraz stopniem naoliwienia powierzchni i grubością blach.

Stwierdzono również dużą zawodność pracy czujnika grubości blachy /który ma zapewniać eliminację podawania więcej niż jednej blachy do prasy pierwszej/ szczególnie przy najgrubszych stosowanych blachach.

3. ZWIĘKSZENIE WYDAJNOŚCI STANOWISKA POPRZEZ WPROWADZENIE NOWEGO SPOSOBU OBSŁUGI PRAS PRZEZ ROBOTY

Ze względu na to, że cykl pracy robota IRb-60 umieszczonego między prasami jest dłuższy niż cykl pracy robota IRb-6, podającego na pierwszą prasę, należało dążyć do skracania głównie cyklu pracy robota IRb-60.

Zastosowano nowy sposób obsługi pras przez roboty. Istota tego rozwiązania będzie w najbliższym czasie zgłoszona jako projekt wynalazczy do ochrony patentowej i nie jest tu przedstawiona.

Zastosowanie tego rozwiązania rokuje uzyskanie wydajności zbliżonej do 9+10 szt/min.

W ramach pracy przeprowadzono próby tego rozwiązania z urządzeniem, które zapewnić winno jego pełne zastosowanie. Ze względu na to, że wykonane do prób urządzenie nie spełniło wszystkich wymagań wynikających z istoty rozwiązania, co wynikało z braków materiałowych, konieczne było utrzymanie istotnego zakresu ruchów osi α i θ robota i w rezultacie

nie uzyskano tak znacznego zwiększenia wydajności.
Osiągnięto wydajność minutową 7 szt.

4. ZWIĘKSZENIE SZYBKOŚCI PRACY ROBOTÓW

4.1. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU I DROGI JEGO ROZWIĄZANIA

Zalaniem do rozwiązania jest zwiększenie prędkości pracy robota przez forsowanie pracy jego napędów. Klasycznym rozwiązaniem tak postawionego zadania jest sterowanie czasooptymalne, uwzględniające określone ograniczenia, a mianowicie:

- dysponowaną moc silników napędowych, co jest równoważne ograniczeniu nałożonemu na amplitudę sterowania,
- dopuszczalne wartości współrzędnych stanu robota lub ich pochodnych np. prędkości ruchu lub przyspieszenia.

Rozwiązanie zagadnienia czasooptymalnego dla robotów IRb-6/60 zostało przeprowadzone w Instytucie Cybernetyki Technicznej Politechniki Wrocławskiej i stanowi niewątpliwie materiał dla dalszych prac. Wdrożenie takiego sterowania wiąże się jednak ze zmianami w układzie sterowania robota i jego programie sterującym, nie mogło być więc zrealizowane w obecnej pracy. Postanowiono więc zbadać możliwość sforsowania pracy napędów robota bez poważniejszych ingerencji w układ sterowania i jego oprogramowanie, a jedynie przez wykorzystanie tkwiących w nim rezerw, przy zachowaniu warunku nie przeciążenia mechanicznego ani elektrycznego. Rezerwami tymi są:

- niepełne /w porównaniu z katalogowym/ obciążenie robotów,
- możliwość zaprogramowania prędkości ruchów, przewyższających prędkość określoną przez wytwórcę jako 100%
- możliwość sforsowania pracy sterowników mocy.

Należy podkreślić, że przyspieszenie prędkości jest celowe jedynie dla ruchów „transportowych” t.j. niezwiązanych z dokładnym pozycjonowaniem narzędzia lub poruszaniem go po określonej trajektorii, t.j. gdy zwiększenie prędkości ruchu nie zagraża utrzymaniu wymaganej dokładności.

Przyjęto następującą drogę postępowania:

- 1^o Analiza obciążeń robotów z jakimi należy się liczyć w zastosowaniu realizowanym w FSM /obsługa linii pras/
- 2^o Pomiary obciążeń i prędkości występujących przy realizacji programu użytkowego
- 3^o Ocena rezerw obciążenia robota i pracy jego napędów
- 4^o Pomiary osiąganych prędkości i obciążeń przy badaniu w warunkach laboratoryjnych, wykorzystując rezerwy związane z możliwością zadawania większej prędkości ruchu i forsowania sterowników.
- 5^o Sformułowanie stosownych wniosków.

Uwaga:

W tablicach 4.1 i 4.2 zestawiono parametry silników stosowanych w robotach IRb, a mianowicie:

- silnika F9M4H z prądnicą F9T firmy CEM /robot IRb-6 szwedzki/
- silnika PZTK88 - 35TRR prod. ZD IEL /robot polski IRb-6/
- silnika M19P z prądnicą F12T firmy CEM /robot IRb-60 szwedzki/
- silnika PZTK13 - 07TRR prod. ZD IEL /robot IRb-60 polski/.

4.2. ROBOT IRb-6OBCIĄŻENIA OSI W ROZPATRYWANYM ZASTOSOWANIU4.2.1. OS V

4.2.1.1. MOMENT BEZWŁADNOŚCI

Moment bezwładności wynikający z zawieszenia obciążenia na chwytaku o długości l_v wynosi /vide mat. ASEA dla $l=0,2m/$

$$(4.2.1) \quad J_{L_1} = l_v^2 M_L$$

Dla danych wg. rysunku 4.1. jest:

$$(4.2.2) \quad J_{L_1} = 0,475^2 \cdot 1,5 = 0,338 \text{ kgm}^2$$

gdzie: l_v długość chwytaka: $l_v = 0,475 \text{ m}$

1,5 kg - masa najcięższego z manipulowanych elementów dla lżejszych manipulowanych elementów, o masach 0,8 kg i 1,2 kg dane podano w tabelicy 4.3.

Jednakże nie można pominąć momentu bezwładności chwytaka, złożonego z pręta i tarczy oraz momentu bezwładności czujnika, o masie 1,2 kg.

Wg. rys. 4.1. masa tarczy będzie:

$$M_t = \frac{\pi}{4} \cdot 0,4^2 \cdot 0,004 \cdot 2,7 \cdot 10^3 = 1,36 \text{ kg}$$

masa pręta będzie:

$$M_p = \frac{\pi}{4} \cdot 0,015^2 \cdot 0,475 \cdot 2,7 \cdot 10^3 = 0,477 \text{ kg}$$

Łączna masa $M_t + M_p = 1,837 \text{ kg}$. Wg. pomiarów wynosi ona 1,9 kg. Przyjmuje^{się} poprawkę dla M_p :

$$M_p = 1,9 - 1,36 = 0,54 \text{ kg}$$

Moment bezwładności tarczy umieszczonej na ramieniu $l_v = 0,475 \text{ m}$ będzie:

$$(4.2.3) \quad J_{L_t} = 0,475^2 \cdot 1,36 = 0,307 \text{ kgm}^2$$

Moment bezwładności pręta obracanego dookoła osi przechodzącej przez płaszczyznę jego zamocowania będzie:

$$(4.2.4) \quad J_{L_p} = \frac{1}{3} M_p l_v^2 = \frac{1}{3} 0,54 \cdot 0,475^2 = 0,41 \text{ kgm}^2$$

Zestawienie momentów bezwładności dla różnych obciążeń podano poniżej:

obciążenie /kg/	$J_{L_1}/\text{kgm}^2/$	$J_{L_t}/\text{kgm}^2/$	$J_{L_p}/\text{kgm}^2/$	$J_{L_c}/\text{kgm}^2/$	$J_{L_v} = \sum J$
0,800	0,180	0,307	0,041	0,192	0,72
1,200	0,271	0,307	0,041	0,192	0,811
1,500	0,338	0,307	0,041	0,192	0,878

Moment bezwładności czujnika będzie

$$(4.2.5) \quad J_{L_c} = 1,2 \cdot 0,4^2 = 0,192 \text{ kgm}^2$$

gdzie 0,4 m - ramię zawieszenia czujnika.

4.2.1.2. MOMENT OBCIĄŻENIA STATYCZNEGO

Przyjmuje się wg ASEA

$$(4.2.6) \quad M_{stL_v} = 2,0 \cdot M_L \cdot \cos v \quad \text{Nm}$$

przyczym jako M_L należy przyjąć sumę mas chwytaka i obciążenia

$$(4.2.7) \quad M_L = 3,9 \text{ v } 4,3 \text{ v } 4,6 \quad \text{kg}$$

stąd przy $v=0$

$$(4.2.8) \quad M_{stL_v} = 7,8 \text{ Nm v } 8,6 \text{ Nm v } 9,2 \text{ Nm}$$

4.2.2. oś t

4.2.2.1. MOMENT BEZWŁADNOŚCI

Przyjmuje się wg. ASEA

$$(4.2.9) \quad J_{L_t} = 2 J_{L_v} \quad \text{stąd przy } J_{L_v} \text{ wg. (2.1.1)}$$

$$(4.2.10) \quad J_{L_t} = 1,44 \text{ kgm}^2 \text{ v } 1,622 \text{ kgm}^2 \text{ v } 1,756 \text{ kgm}^2$$

4.2.2.2. MOMENT OBCIĄŻENIA STATYCZNEGO

Przyjmuje się wg ASEA

$$(4.2.11) \quad M_{stL_t} = 3,9 \cdot M_L \cdot \cos t$$

dla $t=0$ i M_L wg./4.2.7/ otrzymuje się:

$$(4.2.12) \quad M_{stL_t} = 15,21 \text{ Nm v } 16,77 \text{ Nm v } 17,94 \text{ Nm}$$

M

4.2.3. OŚ α

9

4.2.3.1. MOMENT BEZWŁADNOŚCI

Z zależności podanych przez ASEA wynika:

$$(4.2.13) \quad J_{L\alpha} = 2,5 + l_{\alpha}^2 \cdot M_L$$

gdzie l_{α} jest długością ramienia α , które w IRb-6 wynosi $0,67 \text{ m} \Rightarrow l_{\alpha}^2 = 0,45$

Jako M_L należy przyjąć wartości podane w /4.2.7/, stąd otrzymuje się:

$$(4.2.14) \quad J_{L\alpha} = 2,5 + 0,45 M_L = 4,255 \text{ kgm}^2 \vee 4,435 \text{ kgm}^2 \vee 4,57 \text{ kgm}^2$$

4.2.3.2. MOMENT OBCIĄŻENIA STATYCZNEGO

Z zależności podanych przez ASEA wynika:

$$(4.2.15) \quad M_{st\alpha} = (25 + 6,55 M_L - 2,5 M_m) \cos \alpha \quad \text{gdzie } M_m = M_L \left(\frac{l_{\alpha}}{l_{\theta}} \right)^2 \quad ; l_{\theta} = 450 \text{ mm}$$

Podstawiając wartości M_L wg/4.2.7/ otrzymuje się przy $\cos \alpha = 1$ ($\alpha = 0$)

$$(4.2.16) \quad M_{st\alpha} = 28,9 \text{ Nm} \vee 29,34 \text{ Nm} \vee 29,63 \text{ Nm}$$

4.2.4. OŚ θ

4.2.4.1. MOMENT BEZWŁADNOŚCI

Z zależności podanych przez ASEA wynika

$$(4.2.17) \quad J_{L\theta} = 2,1 + l_{\theta}^2 M_L \quad \text{gdzie } l_{\theta} = 0,45 \text{ m} = \text{długość ramienia } \theta$$

Przyjmując M_L wg/4.2.7/ otrzymuje się:

$$(4.2.18) \quad J_{L\theta} = 2,9 \text{ kgm}^2 \vee 2,97 \text{ kgm}^2 \vee 3,03 \text{ kgm}^2$$

4.2.4.2. MOMENT OBCIĄŻENIA STATYCZNEGO

Z danych ASEA wynika zależność

$$(4.2.19) \quad M_{st\theta} = (56 + 4,4 M_L) \sin \theta$$

dla M_L wg/4.2.7/ $\theta = 40^\circ$ /wartość największa/ otrzymuje się:

$$(4.2.20) \quad M_{st\theta} = 47 \text{ Nm} \vee 48,16 \text{ Nm} \vee 49,0 \text{ Nm}$$

4.2.5. Oś φ

4.2.5.1. MOMENT BEZWŁADNOŚCI

Z zależności podanych przez ASEA wynika:

$$(4.2.21) \quad J_{L\varphi} = l_{\varphi}^2 M_L + 6$$

gdzie:

$$(4.2.22) \quad l_{\varphi} = l_d + l_v + l_g \sin \theta$$

W rozpatrywanym zastosowaniu przy obrocie robota układ ramion jest taki, że $\theta = -40^\circ$ tzn;

$$(4.2.23) \quad l_{\varphi} = 0,670 + 0,475 - 0,45 \cdot \sin 40^\circ = 0,855 \text{ m} \quad l_{\varphi}^2 = 0,733 \text{ m}^2$$

przyjmując masę M_L wg/4.2.7/ otrzymuje się:

$$(4.2.24) \quad J_{L\varphi} = 8,86 \text{ kgm}^2 \vee 9,15 \text{ kgm}^2 \vee 9,37 \text{ kgm}^2$$

4.2.5.2. MOMENT OBCIĘŻENIA STATYCZNEGO

wg: danych ASEA

$$(4.2.25) \quad M_{stL\varphi} = 0$$

4.2.6. WYNIKI

Powyższe wyniki wpisano do tablicy 4.3

4.3. ROBOT IRb-60.OBCIĄŻENIA OSI W ROZPATRYWANYM ZASTOSOWANIU4.3.1. Oś V

4.3.1.1. MOMENT BEZWŁADNOŚCI

Moment bezwładności wynikający z zawieszenia obciążenia M_L na chwytaku o długości l_v , wg. danych ASEA wynosi:

$$(4.3.1) \quad J_{L_v} = l_v^2 M_L$$

oznaczenia jak w p. 4.2.

W rozpatrywanym zastosowaniu, wg. rys. 4.4. i 4.3. i masach elementów manipulowanych jak w p. 4.2. jest

$$\begin{aligned} M_L &= 0,8 \text{ kg} \quad \vee \quad 1,2 \text{ kg} \quad \vee \quad 1,5 \text{ kg} \\ M_t &= 1,36 \text{ kg} \\ l_v &= 0,5 \text{ m} \quad \vee \quad 0,7 \text{ m} \end{aligned} \quad M_c = 11 \text{ kg} \quad (\text{masa silownika})$$

Moment bezwładności od masy manipulowanej będzie:

$$(4.3.2) \quad J_{L_1} = l_v^2 M_L$$

zaś od tarczy

$$J_{L_t} = l_v^2 M_t$$

Dla obliczenia momentu bezwładności siłownika przyjmuje się przybliżenie wzorem dla pręta o równomiernym przekroju tj.

$$(4.3.3) \quad J_L = \frac{1}{3} M_L l_v^2$$

z którego wynikają wartości $J_{L_c} = 0,90 \text{ kgm}^2 \quad \checkmark \quad 1,80 \text{ kgm}^2$

Poniżej zestawiono wartości momentu bezwładności

$$(4.3.4) \quad J_{L_v} = J_{L_1} + J_{L_c} + J_{L_v} \quad / \text{kgm}^2 /$$

$M_L \backslash l_v$	0,5	0,7
0,8	1,44	2,86
1,2	1,54	3,05
1,5	1,62	3,20

wybiera się wartości dla $l_v = 0,7 \text{ m}$

4.3.1.2. MOMENT OBCIĄŻENIA STATYCZNEGO

Przyjmuje się wzór według danych z ASEA, przy czym jako masę M_L należy przyjąć sumę mas: manipulowanej, tarczy i siłownika

$$(4.3.5) \quad M_L = 13,16 \text{ kg} \quad \checkmark \quad 13,56 \text{ kg} \quad \checkmark \quad 13,86 \text{ kg}$$

Wzór ten jest:

$$(4.3.6) \quad M_{stL_v} = 3,9 M_L \cos v \quad / \text{Nm} /$$

dla $v=0$ i danych wg rys. 4.3 otrzymuje się wartości:

$$(4.3.7) \quad M_{stL_v} = 51,3 \text{ Nm} \quad \checkmark \quad 52,9 \text{ Nm} \quad \checkmark \quad 54,0 \text{ Nm}$$

4.3.2. OŚ t

Wg. danych ASEA dla osi t przyjmuje się te same wartości momentów bezwładności i obciążenia statycznego co dla osi V tj. wg. wzorów /4.3.4/ i /4.3.7/

4.3.3. oś α

4.3.3.1. MOMENT BEZWŁADNOŚCI

Wg. danych z ASEA moment bezwładności oblicza się ze wzoru

$$(4.3.8) \quad J_{L_\alpha} = 42 + l_\alpha^2 M_L + 0,28 M_L \left(\frac{l_\alpha}{l_\theta} \right)^2 \quad / \text{kgm}^2 /$$

gdzie $l_\alpha = 1,15 \text{ m}$ $l_\theta = 0,8 \text{ m}$

Stąd dla M_L wg. /4.3.5/ otrzymuje się:

$$(4.3.9) \quad J_{L_\alpha} = 66,7 \text{ kgm}^2 \quad \vee \quad 67,5 \text{ kgm}^2 \quad \vee \quad 68,1 \text{ kgm}^2$$

4.3.3.2. MOMENT OBCIĄŻENIA STATYCZNEGO

Wg. danych ASEA moment obciążenia statycznego jest:

$$(4.3.10) \quad M_{stL_\alpha} = \left[240 + 11,3 M_L - 5,2 \left(\frac{l_\alpha}{l_\theta} \right)^2 M_L \right] \cos \alpha \quad / \text{Nm} /$$

dla $\alpha = 0$ i M_L wg(3.5) otrzymuje się

$$(4.3.11) \quad M_{stL_\alpha} = 251,8 \text{ Nm} \quad \vee \quad 252,2 \text{ Nm} \quad \vee \quad 252,5 \text{ Nm}$$

4.3.4. oś θ

4.3.4.1. MOMENT BEZWŁADNOŚCI

wg. danych ASEA jest:

$$(4.3.12) \quad J_{L_\theta} = 73,6 + l_\theta^2 M_L \quad l_\theta = 0,8 \text{ m} \quad M_L \text{ wg(3.5)}$$

stąd

$$(4.3.13) \quad J_{L_\theta} = 82 \text{ kgm}^2 \quad \vee \quad 82,3 \text{ kgm}^2 \quad \vee \quad 82,5 \text{ kgm}^2$$

4.3.4.2. MOMENT OBCIĄŻENIA STATYCZNEGO

wg. danych ASEA jest:

$$(4.3.14) \quad M_{stL_\theta} = (930 + l_\theta^2 M_L) \sin \theta$$

dla l_θ i M_L jak w 3.4.1 i $\theta = +50^\circ$ (największa wartość) jest

$$(4.3.15) \quad M_{stL_\theta} = 718,4 \text{ Nm} \quad \vee \quad 718,9 \text{ Nm} \quad \vee \quad 719 \text{ Nm}$$

4.3.5. oś φ

4.3.5.1. MOMENT BEZWŁADNOŚCI

wg. danych ASEA jest:

$$(4.3.16) \quad J_{L_\varphi} = 180 + l_\varphi M_L + l_v \left(\frac{l_\alpha}{l_\theta} \right)^2 M_L$$

$$(4.3.17) \quad l_\varphi = l_\alpha + l_v + l_\theta \cdot \sin \theta$$

Dla rozpatrywanego zastosowania, wg. rys. 3 jest: $\theta = -20^\circ$; $l_y = 0,5\text{m}$ gdyż obrót następuje z wycofanym ramieniem i schowanym tłokiem siłownika.

Otrzymuje się:

$$(4.3.18) \quad J_{Lp} = 205 \text{ kgm}^2 \quad \vee \quad 205,2 \text{ kgm}^2 \quad \vee \quad 205,4 \text{ kgm}^2$$

3.5.2. MOMENT OBCIĄŻENIA STATYCZNEGO

$$(4.3.19) \quad M_{stLp} = 0$$

4.3.6. WYNIKI

wpisano do tabl. 4.4.

4.4. ANALIZA ROZRUCHU I HAMOWANIA

4.4.1. WZORY PODSTAWOWE

4.4.1.1. Rozruch wymuszony

Równanie ruchu dla pojedynczej osi jest:

$$(4.4.1) \quad J_L \frac{d\omega_L}{dt} + \beta_L \omega_L + M_{stL} = M_{emL}$$

gdzie: ω_L - prędkość po stronie wolnej / $\frac{1}{s}$ /
 β_L - współczynnik tarcia lepkiego /Nms/
 J_L - zastępczy moment bezwładności układu
 ruchomego

M_{stL} - statyczny moment obciążenia, w tym moment tarcia statycznego

M_{emL} - moment elektromagnetyczny silnika

Przez wprowadzenie nowych zmiennych:

$$(4.4.2) \quad \Omega_o = \frac{M_{emL} - M_{stL}}{\beta_L} \quad T_B = \frac{J_L}{\beta_L}$$

otrzymuje się równanie:

$$(4.4.3) \quad T_B \dot{\omega}_L + \omega_L = \Omega_o$$

Rozwiązując równanie /4.4.3/ przy zadanych warunkach początkowych:

$$(4.4.4) \quad \omega_L(0) = \Omega_p \quad \Omega_o = \text{const}$$

otrzymuje się równanie:

$$(4.4.5) \quad (\Omega_o - \Omega_p) e^{-\frac{t}{T_B}} = \Omega_o - \omega_L(t)$$

Przyjmując ponadto warunki końcowe:

$$(4.4.6) \quad t = t_k \quad \omega_L(t_k) = \Omega_{Lk}$$

otrzymuje się dwie poniższe formy rozwiązania równania /4.4.5/

$$(4.4.7) \quad t_k = T_B \ln \frac{\Omega_0 - \Omega_p}{\Omega_0 - \Omega_{Lk}}$$

$$(4.4.8) \quad \Omega_0 = \frac{\Omega_{Lk} - \Omega_p \cdot e^{-\frac{t_k}{T_B}}}{1 - e^{-\frac{t_k}{T_B}}}$$

Wzór /4.4.7/ służy do obliczania czasu rozruchu od prędkości Ω_p do prędkości Ω_{Lk} . Wzór /4.4.8/ służy do obliczenia wymuszenia Ω_0 potrzebnego do rozruchu od prędkości Ω_p do prędkości Ω_{Lk} przy założonym czasie rozruchu t_k

4.4.1.2. Rozruch swobodny

Charakterystyka mechaniczna naturalna silnika prądu stałego sterowanego od twornika jest dana wzorem:

$$(4.4.9) \quad M_{em} = M_p - \frac{M_p}{\omega_0} \omega$$

gdzie: M_p - moment początkowy dla $\omega=0$

ω_0 - prędkość kątowa idealnego biegu jałowego

Po podstawieniu /4.4.9/ do /4.4.1/ otrzymuje się:

$$(4.4.10) \quad J_L \frac{d\omega_L}{dt} + \beta_L \omega_L + M_{stL} = M_{pL} - \frac{M_{pL}}{\omega_{0L}} \omega_L$$

Co po przekształceniach daje:

$$(4.4.11) \quad T_{B1} \dot{\omega}_L + \omega_L = \Omega_{01}$$

$$(4.4.12) \quad \Omega_{01} = \frac{M_{pL} - M_{stL}}{\beta_L \omega_{0L} + M_{pL}} \omega_{0L} ; \quad T_{B1} = \frac{J_L \cdot \omega_{0L}}{\beta_L \omega_{0L} + M_{pL}}$$

Rozwiązaniem równania /4.4.11/ jest

$$(4.4.13) \quad \omega_L(t) = C \cdot e^{-\frac{t}{T_{B1}}} + \Omega_{01}$$

gdzie stałą C oblicza się na podstawie warunków początkowych

$$\text{Dla } t=0 ; \quad \omega_L = \Omega_{Lp1}$$

$$(4.4.14) \quad \omega_L(t) = (\Omega_{Lp1} - \Omega_{01}) e^{-\frac{t}{T_{B1}}} + \Omega_{01}$$

Dla wartości końcowych $\omega_L(t_k) = \Omega_{Lk1} ; t = t_k$

otrzymuje się teraz zależności:

$$(4.4.15a) \quad t_k = T_{B1} \ln \frac{\Omega_{01} - \Omega_{Lp1}}{\Omega_{01} - \Omega_{Lk1}} ; (4.4.15b) \quad \Omega_{01} = \frac{\Omega_{Lk1} - \Omega_{Lp1} \cdot e^{-\frac{t_k}{T_{B1}}}}{1 - e^{-\frac{t_k}{T_{B1}}}} ; \quad 17$$

4.4.1.3. Maksymalne dopuszczalne przyspieszenie

Ażeby nie przekroczyć obciążeń dynamicznych niezmiennikiem przeliczenia powinno być:

$$(4.4.15) \quad J\dot{\omega} = const.$$

Jeżeli więc w materiałach wyjściowych /ASEA/podano dopuszczalne przyspieszenie w określonej osi jako $\dot{\omega}_N$ przy momencie bezwładności J_N , to przy zmniejszonym momencie bezwładności J_i dopuszczalne przyspieszenie $\dot{\omega}_i$ będzie:

$$(4.4.16) \quad \dot{\omega}_i = \frac{J_N}{J_i} \dot{\omega}_N$$

4.4.1.4. Prędkość ustalona przy rozruchu swobodnym

Prędkość ustalona odpowiada czasowi $t = \infty$, stąd ze wzoru /4.4.14/ wynika:

$$(4.4.17) \quad \omega_m = \Omega_{01}$$

4.4.1.5. Momenty oporowe tarcia suchego i lepkiego

Moment oporowy tarcia suchego występuje w pierwszej chwili rozruchu, gdy całość układu kinematycznego jest nieruchoma tj. gdy:

$$(4.4.18) \quad \omega_L = 0 \quad i \quad \dot{\omega}_L = 0$$

z /4.4.1/ i /4.4.18/ wynika:

$$(4.4.19) \quad T_{sFL} = M_{emLimp} - M_{stL}$$

gdzie: M_{emLimp} jest amplitudą impulsu momentu występującego bezpośrednio po załączeniu zasilania rozpatrywanej osi.

Moment oporowy tarcia lepkiego występuje w normalnym ruchu napędu. Ze wzoru /4.4.1/ wynika:

$$(4.4.20) \quad \beta_L = \frac{1}{\omega_L} \left(M_{emL} - M_{stL} - \int_L \frac{d\omega_L}{dt} \right)$$

współczynnika

Przybliżoną wartość tarcia lepkiego można obliczyć zastępując wartości chwilowe momentu, prędkości i przyspieszenia ich wartościami średnimi, co prowadzi do wzoru:

$$(4.4.21) \quad \beta_{Lsr} = \frac{1}{\omega_{Lsr}} \left(M_{emLsr} - M_{stL} - \int_L \dot{\omega}_{Lsr} \right)$$

Wymienione wyżej wartości średnie odczytuje się z wykresu, podobnie jak amplitudę momentu.

4.4.1,6. Przyspieszenie maksymalne przy rozruchu

W chwili pokonania tarcia suchego następuje rozruch silnika. W chwili gdy jeszcze $\omega_L \neq 0$ występuje największe przyspieszenie, które wg. /4.4.1/ wynosi:

$$(4.4.22) \quad \omega_{max} = \frac{1}{J_L} (M_{em} - M_{stL})$$

gdzie: M_{emL} - wartość momentu w chwili $\omega_L = 0$ - po pokonaniu tarcia suchego.

4.4.2. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ ROBOTÓW ZAINSTALOWANYCH W MIEJSCACH PRACY

4.4.2.1. Badania

Pierwsza seria badań robotów została przeprowadzona w FSM w Tychach, w miejscu ich użytkowania. Obejmowały one pomiar oscylograficzny prędkości obrotowych napędów i prądów przez nie pobieranych w warunkach pracy rzeczywistej.

Charakterystyki pomierzone:

- dla robota IRb-60, dla osi $\varphi; \theta; \alpha; \nu; t$ przy realizacji programu aplikacyjnego i przy obciążeniu użytkowym oraz wycinki tych charakterystyk przy zwiększonej prędkości rejestracji, umożliwiające ocenę prędkości rozruchu i hamowania wg. wymagań Normy Zakładowej.
- dla robota IRb-6 dla osi $\varphi; \theta; \alpha; t$ przy obciążeniu pełnym użytkowym i realizacji programu użytkowego, oraz przy obciążeniu samą wytłóczką; ponadto dla osi φ : przy obciążeniu chwytakiem /bez czujnika i wytłóczki/, całkowicie bez obciążenia oraz przy zwiększonej prędkości rejestracji dla oceny prędkości rozruchu i hamowania.

Wyniki tych badań w postaci 22 oscylogramów, 5 tablic i komentarza zespołu wykonującego pomiary /OBN/ są umieszczone w załączniku L.1. do sprawozdania. Odnotowano różne drobne odstępstwa od wymagań ZN, nieistotne z punktu widzenia dalszej oceny.

4.4.2.2. Interpretacja wyników badań

Interpretację wyników badań przeprowadzono na bazie teorii podanej w p. 4.4.1 tegoż sprawozdania.

Ponieważ pomiary obejmowały tylko dwie wielkości /prędkość obrotowa i prąd/ interpretacja jest przybliżona, szczególnie w zakresie wyliczonych obciążeń i przyspieszeń. Pomimo to pozwala ona na sformułowanie potrzebnych wniosków. Odczytane i wyliczone wartości parametrów zestawiono w tablicy 4.5. dla robota IRb-60, a 4.6. dla robota IRb-6.

4.4.2.3. Wnioski

Z przedstawionej analizy dają się wysunąć następujące wnioski:

- 1^o Nie są osiągnęte pełne prędkości ruchu wynikające z danych napędów,
- 2^o Nie są osiągnęte dopuszczalne średnie przyspieszenia ruchu,
- 3^o Napędy pracują w reżimie pracy przerywanej o wypełnieniu 12,5 do 64 %.
- 4^o Napędy robota IRb-60 są wyraźnie nie dociążone.

Powyższe wnioski upoważniają do podjęcia działań zmierzających do forsowania napędów dla zwiększenia prędkości działania robotów.

4.5. BADANIA FORSOWANIA NAPĘDÓW

4.5.1. ZAŁOŻENIA

Badania przeprowadzono na terenie PIAP na seryjnie produkowanych robotach IRb-60 i IRb-6. Zgodnie z wcześniejszymi uwagami ograniczono się do badania ruchów nie wpływających na dokładność pozycjonowania, a mających duży udział w całym cyklu pracy robota tj. ruchów w osi φ , przy czym badano nieobciążonego robota IRb-60 /ze względu na jego b. małe obciążenie użytkowe/ oraz nieobciążonego i obciążonego znamionowo robota IRb-6.

- Dla każdego z robotów badania przeprowadzono w dwu etapach:
- etap I obejmował badania przy zwiększonej programowo wartości prędkości zadanej ponad wartość przyjętą w dokumentacji licencyjnej jako 100%, bez forsowania sterowników napędów;
 - etap II obejmował badania jak wyżej, lecz przy forsowaniu sterowników napędów; sposób forsowania zostanie opisany odpowiednio w dalszych fragmentach sprawozdania.

Dla przeprowadzenia badań zostały ułożone proste programy użytkowe. Jako kryterium przeprowadzenia próby z wynikiem dodatnim przyjęto wykonanie programu. Wynik negatywny próby objawiał się zainicjowaniem stopu awaryjnego, wskutek nienadania napędu robotu za wartością zadaną prędkości zadawaną z komputera, co powodowało przekroczenie dopuszczalnego błędu położenia osi φ .

Badania prowadzono w położeniu ramion robota możliwie wiernie imitującym położenia występujące na obiekcie w czasie obrotu dookoła osi φ .

4.5.2. BADANIA ROBOTA IRb-60

4.5.2.1. Etap I badań

Oscylogramy uzyskane w czasie prób stanowią załącznik L.2 do sprawozdania. Z oscylogramów odczytano wartości parametrów zestawione w tabelicy 4.7. z zestawienia tego wynika:

- 1^o Nie uzyskano skrócenia czasu cyklu pracy w porównaniu z nastawę 100%
- 2^o Napędy są nadal niedociążone.

4.5.2.2. Etap II badań

Drugi etap badań przeprowadzono po podwyższeniu napięcia podawanego przez sterownik trystorowy MAK-1A na twornik silnika napędowego, Podwyższenie to uzyskano przez przyłączenie napięcia sieci na zaciski 10-12 transformatora zasilającego, zamiast na zaciski 10-13, jak podaje dokumentacja. Powoduje to zmniejszenie przekładni transformatora, a więc wzrost jego napięcia wyjściowego. Jest to jedyny możliwy sposób sforsowania pracy napędu bez przeróbek w sprzęcie. W załączniku L.3 zebrano uzyskane oscylogramy, a w tabelicy 4.8 zestawiono odczytane z nich wyniki. Z zestawienia tego wynikają następujące wnioski:

- 1^o Uzyskano skrócenie cyklu pracy o ok. 13%
- 2^o Takie skrócenie jest możliwe również przy pracy w pełnym zakresie obrotu osi φ .
- 3^o Uzyskano podwyższenie prędkości maksymalnej ruchu.
- 4^o Nie przekroczono dopuszczalnego prądu długotrwałego silnika napędowego, ale uzyskano pełne wykorzystanie napędu.

To rozwiązanie uznano za właściwe i nadające się do zastosowania w FSM Tychy, przyczym zaleca się przyjąć programową nastawę prędkości na poziomie 115%.

4.5.3. BADANIA ROBOTA IRb-6

4.5.3.1. Etap I badań

Oscylogramy uzyskane w czasie prób stanowią załącznik L.4 do sprawozdania. Z oscylogramów odczytano wartości parametrów zestawione w tablicy 4.9. Z zestawienia tego wynika:

- 1^o przy ograniczonym zakresie ruchu i obciążeniu uzyskano skrócenie cyklu pracy o ok. 12%, jednakże ten reżim pracy był na granicy stopu awaryjnego
- 2^o konieczne jest przeprowadzenie dalszych prób.

4.5.3.2. Etap II badań

Drugi etap badań przeprowadzono po zmianie nastawy potencjometru sprzężenia zwrotnego prędkościowego w sterowniku TAR-1a. Potencjometr ten /oznaczony PR2/ dostraja napięcie prądnicy tachometrycznej do potrzeb regulatora prędkości. Przez obrót wałka potencjometru w prawo uzyskuje się osłabienie sygnału sprzężenia zwrotnego, co regulator prędkości odczytuje jako zbyt małą prędkość obrotową silnika i forsuje jego przyspieszenie. Powoduje to zmniejszenie maksymalnej wartości błędu położenia i przesunięcie inicjowania stopu awaryjnego w kierunku wyższych nastaw prędkości zadanej, oraz ogólne przyspieszenie pracy serwomechanizmu. W zał. L.5 zebrano uzyskane oscylogramy, a w tablicy 4.10 zestawiono odczytane z nich wyniki. Z zestawienia tego wynikają następujące wnioski:

- 1^o Uzyskano skrócenie czasu wykonania cyklu próbnego ok. 20-23%
- 2^o Uzyskano podwyższenie prędkości maksymalnej ruchu
- 3^o Nie. przekroczono prądu długotrwałego silnika napędowego.

To rozwiązanie uznano za właściwe i nadające się do zastosowania w FSM Tychy, przyczym zaleca się przyjąć zmianę nastawy potencjometru PR2 o 15 obrotów w prawo.

4.6. WNIOSKI

- 1^o Przeprowadzone badania wykazały że jest możliwe przyspieszenie pracy robotów IRb-6 i 60 w granicach 13% /IRb-60/ do 23% /IRb-6/
- 2^o Możliwość przeprowadzenia takiego zabiegu powinna być każdorazowo poprzedzona analizą obciążeń robota, występujących przy określonym zastosowaniu.
- 3^o Dla uzyskania wyraźnie większych prędkości w ruchach typu "transportowego" lub początkowych fazach ruchów roboczych konieczne jest opracowanie innych robotów, szybkich, typu "roboty o napędzie bezpośrednim - direct drive robots"
- 4^o Przy wprowadzeniu zwiększonej prędkości pracy robotów w stanowisku doświadczalnym okazało się, że dla tych robotów, które już pracowały można wprowadzić większy przyrost prędkości maksymalnej niż na robotach mało używanych będących w dyspozycji w MERA-PIAP. Można było mianowicie na obiekcie wprowadzić dla IRb-60 - 120% , a dla IRb-6 -149%.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

- 5.1. Technologiczna próba pracy stanowiska zrealizowana z wykorzystaniem wyników prac ujętych w p. 2,3 i 4 niniejszego sprawozdania, wykazała wydajność minutową 7,5 szt/min. Próba pracy zbliżonej do działania ze sterownikiem, na robocie IRb-60 decydującym o maksymalnej wydajności dla linii, wykazała wydajność ponad 9 szt/min. Uzyskane wyniki prób i badań pozwalają stwierdzić, że dla zrobotyzowanej linii ze sterownikiem z całą pewnością można osiągnąć wydajność minutową większą niż 8 szt/min. Notatka służbowa z prób - patrz załącznik 1.
- 5.2. W wyniku badań stanowiska doświadczalnego w tym w szczególności przy wysokiej wydajności minutowej okazało się, że konstruowane i wykonane urządzenia dla linii muszą spełniać następujące wymagania:
 - 5.2.1. Podajniki wykrojek muszą zapewnić niezawodne wydawanie pojedynczej blachy. Czujnik pomiaru grubości blach winien mierzyć podczas przygotowania ich do pobrania.
 - 5.2.2. Podajniki wykrojek muszą zapewnić niezawodnie dokładne i stałe położenie wydawanych blach.

5.2.3. Chwytaiki muszą zapewnić /np. poprzez mechaniczną blokadę/ utrzymanie w nich blach podczas znacznych przyspieszeń w czasie ruchów transportowych.

5.3. W czasie prób stanowiska stwierdzono znaczne drgania chwytaka robota IRb-6 powodujące szybko zmienne obciążenia mechaniki i napędów, co potwierdzają zdjęte przebiegi prądów silników.

Z tego względu, a także ze względu na to iż robot IRb-6 nie posiada hamulców elektromagnetycznych, co przy stanach awaryjnych powoduje co najmniej uszkodzenie chwytaka, do załadowywania pierwszej prasy w zrobotyzowanej linii należy zastosować robot IRb-60.

P
R
-10

WYDZIAŁ TŁOCZNI

Tychy, dnia 19.07.89.

Notatka służbowa

spisana dnia 3.07.89r. na okoliczność próby pracy zrobotyzowanego stanowiska doświadczalnego linii pras średnich w FSM Tychy.

Udział wzięli

z FSM Tychy

1. mgr inż. Mieczysław Kochański - GZ. Specjalista ds Robotyzacji
2. inż. Juszczak - z-ca Kierownika Działu TTB
3. inż. Henryk Przytarski - Kier. Wydziału Tłoczni

z MERA-PIAP

1. inż. Jerzy Grześlak - specjalista WS
2. mgr inż. Stefan Świder - specjalista WS
3. mgr inż. Eugeniusz Łukasik - specjalista WS

1. W próbie pracy w dniu 30 czerwca 1989r. na zrobotyzowanym stanowisku doświadczalnym linii pras średnich Nr 22 zmierzono czas pojedynczego cyklu i określono wydajność minutową.

Zmierzono czas 10 cykli pracy ciągłej, który wynosił $t_{10} = 30,85$ sek. co daje czas jednego cyklu $T_1 = 3,085$ sek.

Wydajność wynosi $60 \text{ sek} : T_1 = 60 : 3,085 = 19,45$ (cykli)min.

2. Przeprowadzono próbę pracy zbliżonej do pracy pod sterowaniem sterownikiem komputerowym. Zachowano trajektorię robota i instrukcje przenoszenia elementu jak w pracy w)g punktu 1 a wyeliminowano instrukcje sterowania prasami, współ-pracy pomiędzy robotami, badanie warunków itp.

Zmierzono czas 10 cykli pracy, który wynosił $t_{10} = 64$ sek. co daje czas 1 cyklu $t_1 = 6,4$ sek.

Wydajność wynosi $60 \text{ sek.} : T_1 = 60 : 6,4 = 9,37$ (cykli)min.

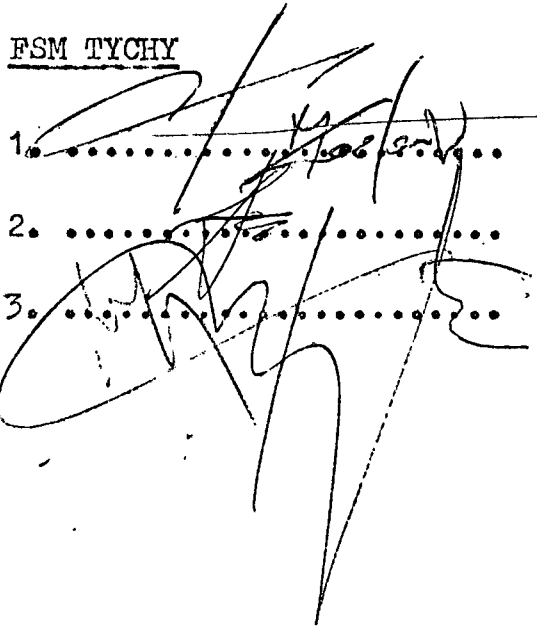
3. Różnice wydajności pomiędzy pkt. 2 i 1 wynikają z obciążenia robotów w pkt-cie 1 wykonywaniem instrukcji sterujących, które przejmie sterownik komputerowy.

4. Próbę pracy w)g punktu 2 przeprowadzono tylko na robocie R2, ponieważ jego czas cyklu pracy decyduje o czasie cyklu pracy stanowiská doświadczalnego.
5. W próbach pracy stosowano urządzenie przegubowe, które docelowo będzie zmienione tj. przegub będzie usytuowany na końcu przy chwytaku i zostanie wydłużony skok siłownika. Wyeliminuje to ruch w osi α i β robota R2 i skróci dodatkowo jego czas cyklu pracy.
6. Na podstawie powyższego FSM Tychy potwierdza wykonanie pracy przy realizacji punktu 2.1 Harmonogramu robotyzacji linii 6 pras średnich 300 T w zakresie zwiększenia wydajności stanowiska doświadczalnego.

Podpisy:

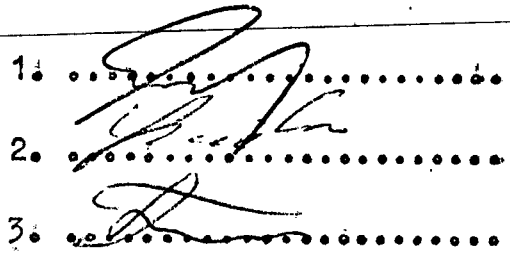
FSM TYCHY

1.
2.
3.



MERA-PIAP

1.
2.
3.



WZL 4.1
ROBOT IM 6 SILNIKI

TYP SILNIKA	PARAMETRY SILNIKA										PRZEKŁAD-NIA		PARAMETRY SILNIKA ZKŁĘCZCZE (L)						UWAGI
	K_T $\frac{Nm}{A}$	K_E mVs	K_D mVs	J_S kgm ²	U_N V	I_N A	M Nm	J_{PT} kgm ²	M_N Nm	ω_{max} $\frac{1}{s}$	i	η	K_{Tz} $\frac{Nm}{A}$	K_{Ez} Vs	K_{Dz} Nm/s	J_{S2} kgm ²	M_2 Nm	J_{PT2} kgm ²	
F9M4H + F9T	φ	88	92	0,08	0,034	35	6,5	537	0,035	3000	$\frac{1}{152}$	0,72	10,43	14,5	2	0,85	61	0,87	
	⊖	jak φ										$\frac{1}{133}$	0,75	8,8	12,2	1,4	0,60	53,6	0,62
	α	jak φ										$\frac{1}{139}$	0,75	9,2	12,8	1,55	0,66	60	0,68
	t	jak φ										$\frac{1}{128}$	0,75	8,45	10,2	1,3	0,56	51,6	0,57
	V	jak φ										$\frac{1}{128}$	0,75	8,45	10,2	1,3	0,56	51,6	0,57
	⊙	jak φ																	
P2TK 88-35TRR	φ	105	110	0,055	0,145	35	5,3	550	-	3000	$\frac{1}{153}$	0,72	12,0	17,4	1,37	3,62	62,6	-	
	⊖	jak φ										$\frac{1}{133}$	0,75	10	14,6	0,97	2,56	52,7	-
	α	jak φ										$\frac{1}{139}$	0,75	11,0	15,3	1,06	2,8	57,3	-
	t	jak φ										$\frac{1}{128}$	0,75	10	14,0	0,90	2,38	52,8	-
	V	jak φ										$\frac{1}{128}$	0,75	10	14,0	0,90	2,38	52,8	-
	⊙	jak φ																	

Issued	From	Date	Reg.	Nrf.	Nr
	Superseding				
Cont. Page					

AG

TEBLICA 4.2
ROBOT IRB 60 SILNIKI

TYP SILNIKA	Ø5	PARAMETRY SILNIKA										Pizelcednie		PARAMETRY SILNIKA ZASTĘPCZE (L)						UWAGI
		K_T $\frac{mNm}{A}$	K_E mVs	K_D mNms	J_s kgm^2	U_N V	I_N A	M mNm	J_{PT} kgm^2	M_N $\frac{Nm}{s}$	ω_{max} $\frac{1}{s}$	i	η	K_{TZ} $\frac{mNm}{A}$	K_{EZ} mVs	K_{DZ} Nms	J_{SZ} kgm^2	J_{PTZ} kgm^2	M_Z Nm	
MAGP	φ	244	255	0,8	1,2 · 10 ⁻³	83	14,4	3200	0,1540	3000	$\frac{1}{200}$	0,70	34	51	32	48	6	448		
	⊖	jak φ										$\frac{1}{231}$	0,68	38	58,9	42,7	64	8	503	
	α	jak φ										$\frac{1}{233}$	0,68	38,6	59,4	43,4	65	8	507	
	t	jak φ										$\frac{1}{200}$	0,70	34	51	32	48	6	448	
	v	jak φ										$\frac{1}{200}$	0,70	34	51	32	48	6	448	
6																				
PZTK 13-07TRR	φ	253	265	0,29	1,46 · 10 ⁻³	90	12,65	3200	-	3000	$\frac{1}{200}$	0,70	35,4	53	11,6	58,4	-	448		
	⊖	jak φ										$\frac{1}{231}$	0,68	39,7	61,2	15,5	77,9	-	503	
	α	jak φ										$\frac{1}{233}$	0,68	40,0	61,7	15,7	79,3	-	507	
	t	jak φ										$\frac{1}{200}$	0,70	35,4	53	11,6	58,4	-	448	
	v	jak φ										$\frac{1}{200}$	0,70	35,4	53	11,6	58,4	-	448	
6																				

Issuer	From
Superseding	Date
Page	Page

NR
hol

26

TABLE 4.3

ROBOT IRB 6

ORGANIZENIA

S	DANE z ASEA ($W_H = 262 \frac{1}{2}$)								DLA ROZPATRYWANEGO ZASTAW					
	ω_L	$\dot{\omega}_L$	M_{STL}	J_L	T_{FSH}	β_{FSH}	T_{FL}	β_L	J_L	M_{STL}	J_L	M_{STL}	J_L	M_{STL}
	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{s^2}$	Nm	kgm^2	Nm	mm	Nm	Nms	kgm^2	Nm	kgm^2	Nm	kgm^2	Nm
φ	1,57	5	0	14	0,20	0,95	33,4	26,5	8,86	0	9,15	0	9,37	0
θ	1,7	5	53	3,3	0,15	0,76	23,7	18	2,90	47	2,97	48	3,03	49
α	1,5	5	31,8	5,2	0,15	0,76	26,2	23	4,26	28,9	4,46	29,3	4,57	29,6
ϵ	1,57	10	23,4	0,48	0,10	0,38	16,7	10,6	1,44	15,2	1,62	16,8	1,76	17,9
ν	2,09	10	12,0	0,24	0,10	0,38	12,54	5,97	0,72	7,8	0,81	8,6	0,88	9,2
6					0,35	1,15								

φ : $J_L = 6,0 + 1,34 m_L$; $M_{STL} = 0$

θ : $J_L = 2,1 + 0,20 m_L$; $M_{STL} = (56,0 + 4,4 m_L) \sin \theta$

α : $J_L = 2,5 + 0,45 m_L$; $M_{STL} = (25 + 6,55 m_L - 2,5 m_L) \cos \alpha$

ϵ : $J_L = 0,08 m_L$; $M_{STL} = 3,9 m_L \cos \epsilon$

ν : $J_L = 0,04 m_L$; $M_{STL} = 2,0 m_L \cos \nu$

$M_L = 6$ kg (obciążenie chwytaka). r_L chwytaka 0,7 m

$M_{0L} = 13$ kg (masa sprężyny do napędu)

Form	Page	Rel.	Nr
Issued	Superseding	Cont. Page	

Próbki: 4.4
ROBOT IŁŁCO obciążenia

OS	DANE z ASEA (ω _H = 314 1/s)								DLA ROZPATRYWANEGO ZASTOSOWANIA				wg ASEA			
									M _L = 13,16	M _L = 13,56	M _L = 13,86	ω _{low} = 30 kr				
	ω _L	ω _L ^{max}	M _{STL} ^{max}	J _L ^{max}	T _{FSH}	β _{FVH}	T _{SFL}	β _L	J _L	M _{SLC}	J _L	M _{SLC}	J _L	M _{SLC}	M _{SLC} ^{max}	J _L ^{max}
1/5	1/5	Nm	kgm ²	Nm	mmms	Nm	Nms	kgm ²	Nm	kgm ²	Nm	kgm ²	Nm	Nm	kgm ²	
φ	1,57	2,5	0	528	0,7	3,82	140	152,8	205	0	205,2	0	205,4	0	0	354
θ	1,1	2,5	1073	112	0,7	6,34	162	338	82,0	718,4	82,3	718,9	82,5	719	727	92,8
α	1,0	2,5	294	155	0,7	6,34	163	343	66,7	271,8	67,5	252,2	68,1	252,5	267	98,4
t	1,57	5	234	9,6	0,7	3,82	140	152,8	2,86	57,3	3,05	52,9	3,20	54,0	4,8	117
v	2,09	5	234	9,6	0,7	3,82	81	51	2,86	57,3	3,05	52,9	3,20	54,0	4,8	117
6	2,09	5			0,2	0,80										

os φ: $J_L = 180 + 5,48m_L + 0,16m_m$; $M_{STL} = 0$

os θ: $J_L = 73,6 + 0,64m_L$; $M_{STL} = (930 + 0,64m_L) \sin \theta$

os α: $J_L = 42 + 1,32m_L + 0,28m_m$; $M_{STL} = (240 + 1,32m_L - 5,2m_m) \cos \alpha$

os t: $J_L = 0,16m_L$; $M_{STL} = 3,9m_L \cos t$

os v: jak os t (założenie)

m_L - 50 kg (obciążenie charakterystyczne) dla chwytaka 0,4 m

Σm_m - 110 kg (masa sprężynowa do osi d)

From	Date	Page
Issued		
Superseding	Req.	Rel.
Cont. Page		Nr.

TABLICA 4.5. ROBOT IRB-60. ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW

OS	NR	ODCZYTANE Z WYKRESÓW									DANE Z OBLICZEN		OBLICZONE										
		M _{iH}	M _{3H}	ω _{MH}	ω _{3H}	ω _{5H}	t _c	M _{3H}	t _c	t _r	J _L	M _{stL}	M _{iL}	M _{3L}	ω _{ML}	ω _{3L}	ω _{5L}	M _{3L}	T _{3L}	β _{3L}	ω _{dq}	ω _r	ε
	RYS. ZAT 1	Nm	Nm	1/s	1/s	1/s ²	s	Nm	s	s	kgm ²	Nm	Nm	Nm	1/s	1/s	1/s ²	Nm	Nm	Nms	1/s ²	1/s ²	%
φ	1	6,34	2,44	297	130	196	0,8	4,88	11,0	6,5	263,8	0	888	342	1,48	0,65	0,98	683	52,6	127	5,6	2,6	59
θ	2	8,62	3,74	218	109	582	0,38	8,21	5,5	3,5	160,4	719	1354	587	0,94	0,47	2,58	1290	459	410	3,0	3,6	64
α	3	4,23	4,06	349	148	593	0,5	3,25	2,8	1,3	147,4	2525	670	644	1,5	0,64	2,55	515	197	30	4,0	3,5	46

OZNACZENIA:

- indeks "L" - parametr dla strony niskiej prędkości (robot)
- indeks "H" - parametr dla strony wysokiej prędkości (silnik)
- M_i - moment napędowy w impulsie
- M_{3r} - moment napędowy średni
- M_{3H} - moment elektromagnetyczny rozruchu
- M_{st} - moment obciążenia statycznego
- J_L - moment bezwładności
- ω_M - prędkość kątowa maksymalna
- ω_{3r} - prędkość kątowa średnia
- ω_{3H} - przyspieszenie kątowe średnie
- ω_r - przyspieszenie kątowe przy rozruchu
- T_{3r} - moment tarcia spoczynkowego
- β_{3r} - współczynnik tarcia lepkiego, średni
- t_r - czas rozruchu
- t_c - czas cyklu
- t_r - czas działania momentu napędowego

$$\epsilon = \frac{t_r}{t_c} \cdot 100\%$$

Issuer	From	Date	Page	Rel.	Nr.
	Superseding				
Cont.					

31

TABLICA 4.6. ROBOT IRB-6 ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW

OS	NR RYS. ZAL 1.	ODCZYTANE Z WYKRESÓW								DANE Z OBLICZEN		OBLICZONE											
		M _{CH}	M _{SH}	M _{TH}	ω _{MH}	ω _{SH}	ω _{TH}	t _C	t _S	t _Z	J _L	M _{SHL}	M _{CL}	M _{SL}	M _{TL}	ω _{ML}	ω _{SL}	ω _{TL}	T _{SFL}	β _{SL}	ω _{SLP}	ω _{TL}	E
		Nm	Nm	Nm	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{s^2}$	s	s	s	kgm ²	Nm	Nm	Nm	Nm	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{s^2}$	Nm	Nm	$\frac{1}{s^2}$	$\frac{1}{s^2}$	%
φ	11	1,43	0,76	0,97	209	162	163	0,45	8	4	13,0	0	163	86	110	1,33	1,0	1,0	22,2	70,5	7,9	6,6	50
⊙	12	1,30	1,12	0,34	230	73	977	0,15	4,5	1,8	5,6	49	130	112	34	1,73	0,55	7,4	81,0	39,3	5,5	6,0	40
α	13	nie odczytywalne			120	71	963	0,125	4	0,5	7,4	30	nie odczytywalne			0,87	0,57	6,9	—	—	6,1	—	12,5

OZNACZENIA jak dla tabl. 4.5.

Issuer	From	Page
	Date	
Superseding	Reg.	Cont. P.
	Rel.	
	Nr.	

20

Tablica 4.7. Wyniki I etapu badań dodatkowych IRb-60.

L.p.	OBC kg	POŁOŻENIE osi \ominus	Prędkość zadana %	n obr/ min	M _i Nm	M _c Nm	I _i A	I _c A	t _z s	t _A s	t _z s	w 1/s	Zakres ruchu	Skrócenie cyklu s	UWAGI
1	0	Pochylenie do tyłu	+100	2835	5.70	1.83	23.5	7.5	0.52	0.8	3.5	296.7	180°	0	baza dla kier. (+) baza dla kier. (-)
2	0	- " -	-100	2835	5.60	1.83	23.0	7.5	0.50	0.7	3.5	296.7	180°	0	
3	0	- " -	+100	2835	6.0	2.44	24.5	10.0	0.50	0.5	3.5	296.7	180°	0	
4	0	- " -	-100	2750	6.1	2.07	25.0	8.5	0.44	0.6	3.5	288.0	180°	0	

przy nastawie 120% - stop awaryjny

IRb-60

Tablica 4.8. Wyniki II etapu badań dodatkowych IRb-60

L.p.	OBC kg	POŁOŻENIE OSI θ	PRĘDKOŚĆ ZADANA %	n $\frac{\text{obr}}{\text{min}}$	M_i Nm	M_c Nm	I_i A	I_c A	t_2 s	t_n s	t_c s	ω $\frac{1}{s}$	ZAKRES RUCHU	SKRÓCENIE CYKLU %
1	0	pochylona do tyłu	+100	2958	8.73	3.16	36.5	12.5	0.50	0.54	3.3	329.8	180°	5.7
2	0	- " -	-100	3041	8.85	3.16	35.0	12.5	0.60	0.76	3.3	318.5	- " -	5.7
3	0	- " -	+100	3417	9.23	3.41	36.5	13.5	0.50	0.54	3.1	357.8	- " -	13.4
4	0	- " -	-100	3334	9.23	3.16	36.5	12.5	0.42	0.52	3.1	349.1	- " -	13.4
5	0	- " -	+115	3417	9.23	3.8	36.5	15.0	0.48	0.54	3.1	357.8	- " -	13.4
6	0	- " -	-115	3417	10.0	3.41	39.5	13.5	0.40	0.58	3.1	357.8	- " -	13.4
7	0	- " -	+120	3298	10.0	3.16	39.5	12.5	0.48	0.50	3.1	336.0	- " -	13.4
8	0	- " -	-120	3581	10.0	3.41	39.5	13.5	0.40	0.52	3.1	375.0	- " -	13.4
9	Q	- " -	+115	3417	9.1	3.16	36.0	12.5	0.50	0.54	-	357.8	PEŁNY	-
10	0	- " -	-115	3543	9.23	3.16	36.5	12.5	0.44	0.58	-	371.0	PEŁNY	-

Przy nastawie V_{maks} - stop awaryjny

Przy nastawie 120% i pełnym ruchu - stop awaryjny

Tablica 4.9. Wyniki I etapu badań dodatkowych robota IR6-6

L.p.	Obc. kg	Położenie osi θ	PRĘDKOŚĆ ZADANA %	n $\frac{obr}{min}$	M_i Nm	M_c Nm	I_i A	I_c A	t_f s	t_n s	t_c s	skł. cyklu %	w $\frac{1}{s}$	Uwagi
1	0	prostop.	-100	2450	1.365	^{0.525} 0.63	13	5.6	0.12	0.14	3.8	0	256.6	baza przy obc=0
2	0	- -	+100	2400	1.418	^{0.525} 0.588	13.5	5.56	0.14	0.15	3.8	0	251.3	baza przy obc=0
3	0	- -	-120	2950	1.365	0.63	13	6	0.21	0.18	3.5	1.9	308.7	
4	0	- -	+120	2900	1.407	^{0.546} 0.63	13.4	5.2-6	0.18	0.24	3.4	10.5	303.7	
5	0	- -	130*	2950	1.386	0.63	13.2	6	0.24	0.20	-	-	308.9	
6	6	- -	-120	2950	1.365	0.63	13	6	0.22	0.26	3.5	12.5	308.9	
7	6	- -	+120	2900	1.407	0.61	13.4	5.8	0.22	0.22	3.5	12.5	303.7	
8	6	pochył. do przodu	-120*	2900	1.365	0.63	13	6	0.26	0.34	-	-	303.7	} nieadekwatne do zastosowania
9	6	- -	-100	2500	1.365	^{0.525} 0.65	13	5-5.8	0.24	0.16	4.0	0	261.8	
10	6	- -	+100	2400	1.407	0.567	13.4	5.4	0.26	0.22	4.0	0	251.3	
11	6	prostop.	-100	2450	1.386	^{0.525} 0.63	13.2	5-6	0.20	0.22	4.0	0	258.6	baza przy obc 6 kg
12	6	prostop.	+100	2400	1.407	0.525	13.4	5	0.22	0.24	4.0	0	251.3	baza przy obc 6 kg
13	6	pochył. do przodu	-100	2450	1.386	0.525	13.2	5	0.22	0.20	4.0	0	256.6	} nieadekwatne do zastosowania
14	6	- -	+100	2400	1.407	^{0.525} 0.52	13.4	5-5.4	0.22	0.22	4.0	0	251.3	

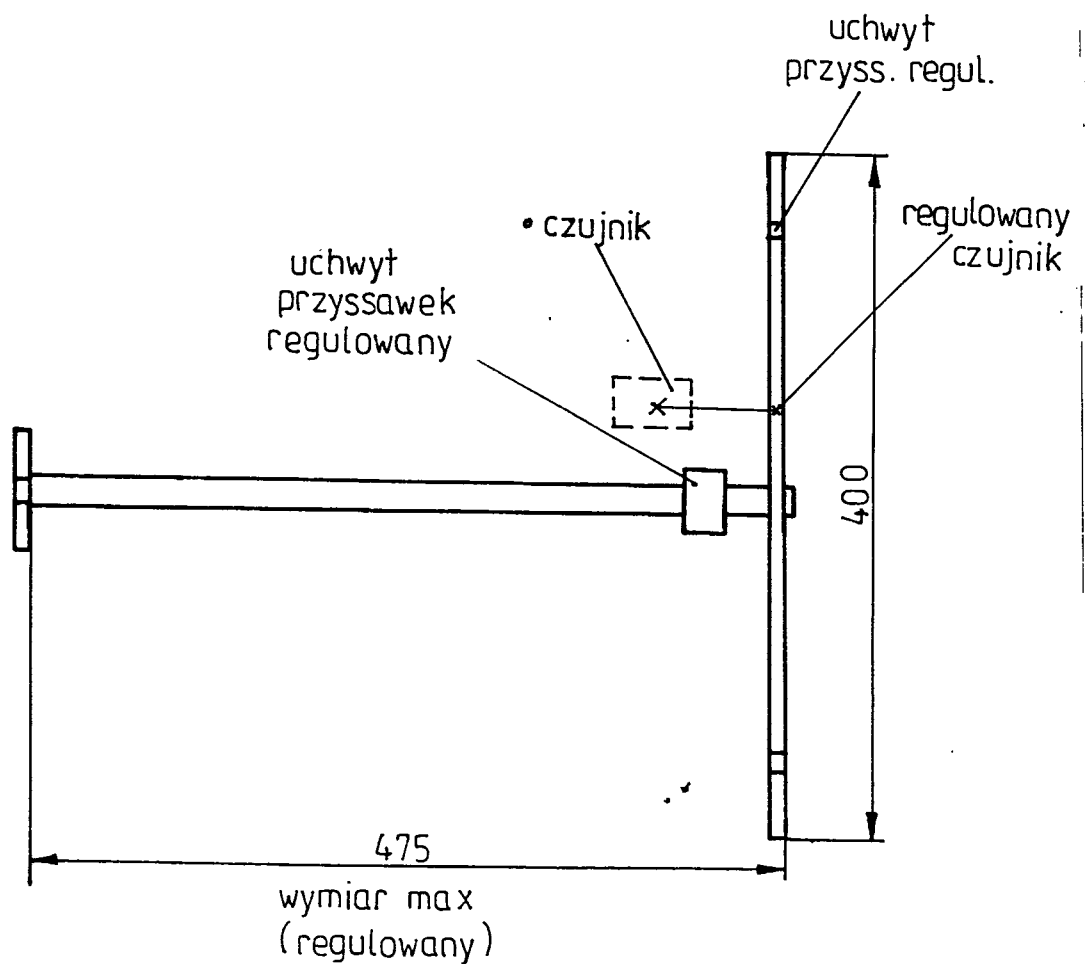
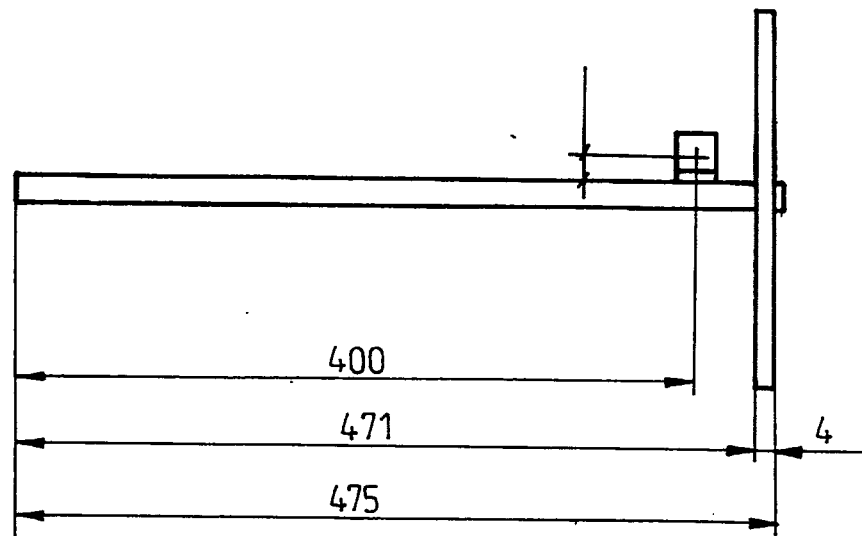
TABLICA 4.10 Wyniki II etapu badan dodatkowych robota PRB-6

lp	Obe kg	Nastawa prędkość PR2	Prędkość zadana %	n obr/ min	M _i Nm	M _c Nm	I _i A	I _c A	t _z s	t _n s	t _c s	skrac. cyklu %	ω _s 1/s	UWAGI
1	0	10obr/prawo	+120	2800	1,41	0,63	13,4	6,0	0,20	0,16	3,1	13,9	2930	
2	0	- " -	-120	2950	1,36	0,63	13,0	5,0	0,18	0,14	3,1	18,4	309	
3	6	- " -	+120	2800	1,43	0,68	13,6	6,5	0,22	0,16	3,1	13,9	293	
4	6	- " -	-120	2950	1,36	0,59	13,0	5,6	0,22	0,16	3,1	18,4	309	
5	6	- " -	+130	2950	1,39	0,63	13,2	6	0,22	0,16	2,9	19,5	305	
6	6	- " -	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	STOP AWAR
7	6	normalne	+100	2300	1,41	0,57	13,4	5,4	0,18	0,14	3,6	0	241	baza dla liczn(+)
8	6	- " -	-100	2525	1,36	0,525	13,0	5,0	0,18	0,18	3,8	0	264	baza dla liczn(-)
9	6	15obr/prawo	+130	2875	1,41	0,63	13,4	6,0	0,20	0,1	2,9	19,5	301	
10	6	- " -	-130	3150	1,36	0,58	13,0	5,5	0,18	0,12	2,9	23,5	330	
11	6	- " -	+120	2800	1,39	0,61	13,2	5,8	0,20	0,14	3,0	16,7	293	
12	6	- " -	-120	2950	1,39	0,58	13,2	5,5	0,22	0,16	3,1	18,4	309	
13	6	- " -	+100	2325	1,41	0,55	13,4	5,2	0,24	0,14	3,5	2,8	243	
14	6	- " -	-100	2475	1,36	0,525	13,0	5,0	0,22	0,14	3,5	11,9	259	

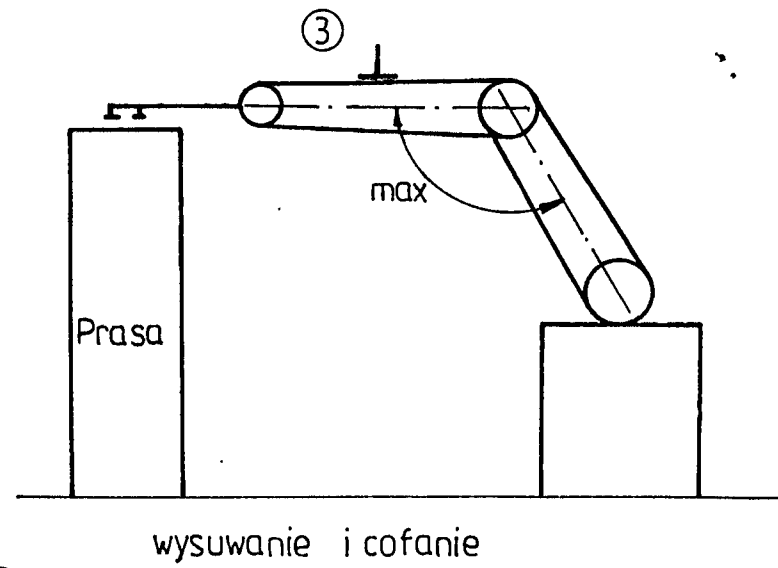
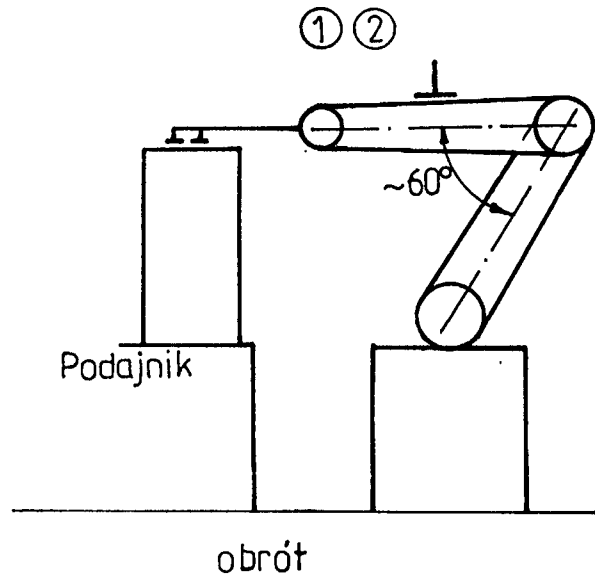
36

From	Ref.
Date	Page
Superseding	Cont. Page

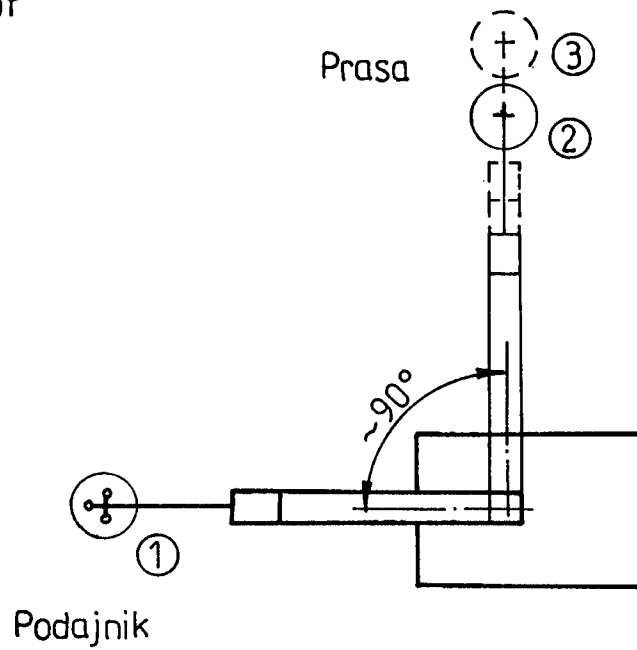
masa: chwytak czujnik
1,9kG + 1,2kG



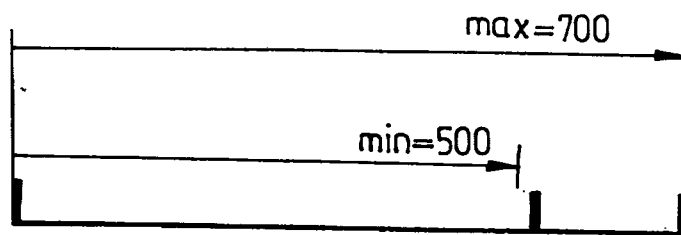
rys.4.1 IRB-6 (dane z OAR)



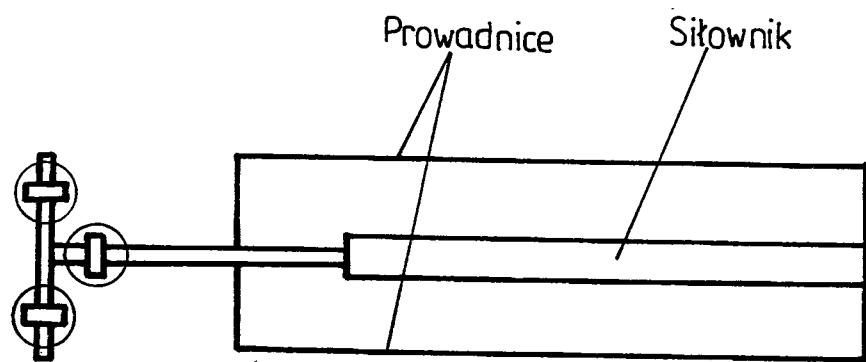
- A) ①
- B) obrót
- C) ②
- D) ③
- E) ②
- F) obrót



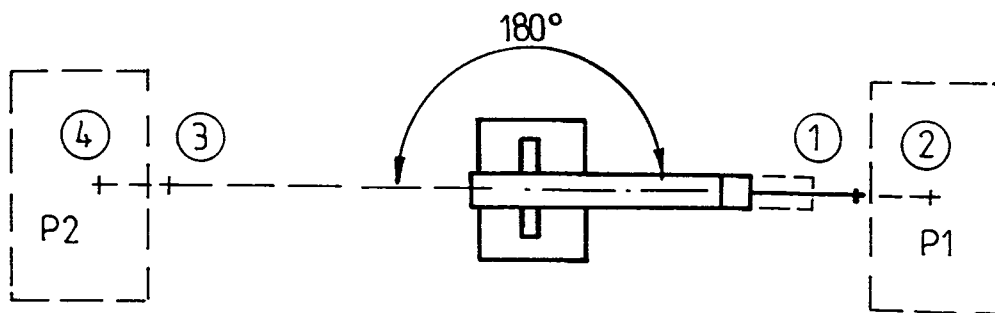
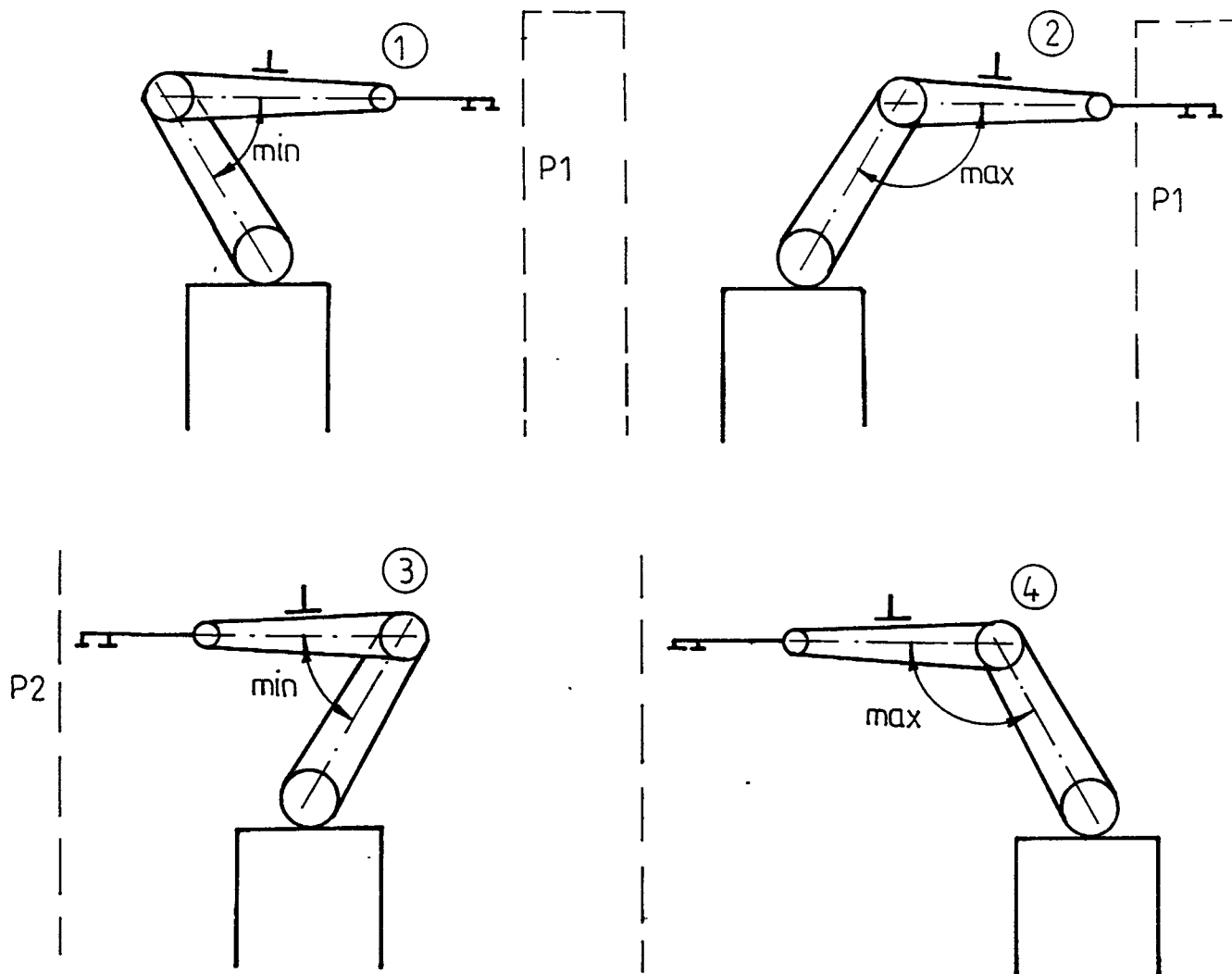
rys 4.2 IRB-6 (dane z OAR)



masa = 11kG



rys.4.3 IRB-60 (dane z OAR)



- A) 1
- B) 2
- C) 1
- D) obrót
- E) 3
- F) 4
- G) 3
- H) obrót

rys.4.4 IRB-60(dane z OAR)

HA