

074 A

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

Ośrodek Badań Niezawodności i Jakości

Pracownia Diagnostyki i Badań Robotów

Główny wykonawca

Wykonawcy mgr inż.inż. J.Skrzeczkowski, J.Molak,
tech.tech. E.Król, Z.Leszczynski, T.Jagóra

Konsultant

Nr zlecenia
RP-28

Opracowanie nowoczesnych metod badań robotów przemysłowych oraz wykonanie stanowisk badawczych.

Zad.4.7. Zainstalowanie w hali 4a, uruchomienie i badania skomputeryzowanych stanowisk badawczych.
Opracowanie prospektu stanowisk.

Zleceńodawca CPBR 7.1

Pracę rozpoczęto dnia 90.09.01 -
Kierownik Pracowni

Z-ca Dyrektora
d/s Autom.i Pom.

mgr inż. J.Skrzeczkowski

zakończono dnia 90.10.30
Kierownik DOBN

dr inż. St.Budzyński

doc.dr inż. T.Gałązka

Praca zawiera:

stron 14

rysunków 11

fotografii

tabel 5

tablic
wydruków 15
załączników

Rozdzielnik - ilość egz:

Egz. 1 BOINTE

Egz. 2 OBN

Egz. 3 OAR

Egz. 4 OAE

Egz. 5

Egz. 6

Nr rejestr. 6523

Analiza deskryptorowa

ROBOTY PRZEMYSŁOWE + BADANIA

Analiza dokumentacyjna

Sprawozdanie zawiera wyniki badań zainstalowanych i uruchomionych stanowisk badawczych.

Tytuły poprzednich sprawozdań

Zad. 4.6 - Opracowanie DTR stanowisk badawczych oraz weryfikacja dokumentacji - nr rej. 6463.

UKD

PIAP 41/88 10000

2

SPIS TRESCI

1. Wstęp
2. Przedmiot badań
3. Zakres badań
4. Dokumenty związane
5. Przyrządy i aparatura użyta do badań
6. Wyniki badań funkcjonalnych
7. Wyniki badań podstawowych (parametrów i uchybów)
8. Wyniki badań porównawczych
9. Wykaz tabel, rysunków i wydruków
10. Uwagi końcowe

1. Wstęp

W ramach realizacji zadania 4.7 zainstalowano w hali 4a (OBN), uruchomiono i przebadano skomputeryzowane stanowiska badawcze oraz opracowano prospekt stanowisk.

Zadanie 4.7 kończy ostatni punkt kontrolny 4 celu 28.

Przed rozpoczęciem realizacji celu określono do osiągnięcia następujący poziom pracy:

- stanowiska mają być uniwersalne i zapewniać badania różnych typów robotów przemysłowych
- automatyzacja rejestracji i przetwarzania danych pomiarowych musi skrócić czas badań i zapewnić dużą dokładność i powtarzalność pomiarów, badanie kilku robotów równocześnie oraz nieuciążliwe i bezpieczne warunki pracy.

2. Przedmiot badań

Przedmiotem badań są skomputeryzowane stanowiska badawcze, przedstawione poglądowo na rys. 1 w DTR nr rej. 6463, przeznaczone do prowadzenia badań robotów przemysłowych prostych i złożonych o sterowaniu PTP i CP.

Częścią centralną stanowisk badawczych jest stanowisko SUM-R, które składa się z zestawu aparatury i urządzeń zainstalowanych na stojaku. Zestaw aparatury i urządzeń tworzy system urządzeń mikroprocesorowych współpracujący z mikrokomputerem IBM-PC/AT oraz z:

- stanowiskiem pomiarowym I - do badania głównych wymiarów, przeszerzeni roboczej i powtarzalności położenia zerowego części manipulacyjnej robota
- stanowiskiem pomiarowym II - do badania powtarzalności pozycjonowania statycznego i dynamicznego
- stanowiskiem pomiarowym III - do badania sztywności stopni swobody części manipulacyjnej robota
- zestawem głowic pomiarowych:
 - głowicą do pomiaru siły GP-1F/0,5; GP-1F/5(10)
 - głowicą do pomiaru przemieszczenia GP-1L, GP-2L, GP-3L
 - głowicą do pomiaru przyspieszenia GP-3G.

3. Zakres badań

Badania skomputeryzowanych stanowisk badawczych obejmują:

- badania funkcjonalne
- badania podstawowe określające parametry i uchyby
- badania porównawcze

Badania porównawcze wykonane dla robota IRb-60 zachowując te same warunki sprawdzeń, przy użyciu metod stosowanych dotychczas oraz przy wykorzystaniu nowych metod komputerowych.

Wykonano następujące badania porównawcze sprawdzające dla robota IRb-60:

- badania przestrzeni roboczej
- badanie powtarzalności pozycjonowania statycznego
- badanie sztywności
- badanie prędkości maksymalnych
- badanie czasu rozruchu, hamowania, napięcia prądnic tachometrycznych układów napędowych, prądu silników napędowych.

Wykonano następujące badania określające:

- badania przyspieszenia poszczególnych stopni swobody części manipulacyjnej robota IRb-60
- badanie dokładności odtwarzania toru w ruchu po linii prostej dla robota IRp-6
- badanie dokładności pozycjonowania dynamicznego w punkcie Po (zachowania stałości położenia punktu TCP przy zmianach orientacji osi narzędzia) dla robota IRp-6

Wszystkie badania porównawcze wykonano zgodnie z odpowiednimi arkuszami zamieszczonymi w dokumentacji techniczno-ruchowej stanowisk, wykorzystując opracowane programy użytkowe i zapisane na kasetach dla układu sterowania robotą IRb-60 i IRp-6. Wszystkie programy użytkowe robota są uruchamiane automatycznie z klawiatury mikrokomputera IBM-PC/AT.

4. Dokumenty związane

DTR stanowisk do badania robotów przemysłowych -- nr rej. 6463

DTR aparatury i urządzeń pomiarowych:

Urządzenia mikroprocesorowego systemu automatyki i pomiarów

MIKROSTER MSA-80 - prod. ZUMPE UNITRA CEMI

Cyfrowe urządzenia pomiarowe, kontrolne i sterujące w standardzie

MIKROSTER - prod. MS

Moduł kontrolno-pomiarowy LC-011-1612 - prod. AMBEX
Moduł LC8255 do mikrokomputera rodziny IBM PC/XT/AT - prod. AMBEX
Wzmacniacz pomiarowy izolacyjny AMP ISL 1 kV 5 - prod. AMBEX
Przyrząd pomiarowy MGT4-233C.6 - prod. HBM
Przyrząd pomiarowy WMG-3610 - prod. HBM
DTR Roboty IRb-6 i IRb-60 - prod. PIAP
DTR Roboty IRp-6 i IRp-60 - prod. PIAP
Instrukcje obsługi:
Wzmacniacz mostkowy z falą nośną 5 kHz typu CAX1002 - prod. CAREX
Wzmacniacz CAX1020 - prod. CAREX
Zestaw 6xCAX1002, 6xCAX1020 - prod. CAREX
ZN-82/MERA-018/246 Robot przemysłowy IRb-60. Wymagania i badania
ZN-88/MERA-018/255 Robot przemysłowy IRp-6. Wymagania i badania.

5. Przyrządy i aparatura użyte do badań

Miernik przemieszczenia WMG-3610 nr fabr. 16270
Czujnik przemieszczenia liniowego W1D1-10 nr fabr. 11568
Miernik przemieszczenia MGT4-233.C6 nr fabr. D9785071
Główce pomiarowe: GP-1L z czujnikami indukcyjnymi nr fabr. 16892,
16893
GP-2L z czujnikami indukcyjnymi typ W10TK
nr fabr. 16891, 16895
GP-3L z czujnikami indukcyjnymi typ W5TK
nr fabr. 16849, 16841, 16843
typ W10TK nr fabr. 16825, 16891, 16894
Zestaw pomiarowy 6xCAX1002, 6xCAX1020 nr fabr. 1/51
Tensometryczny czujnik siły TSt5 nr fabr. 6/5/87
Indukcyjne czujniki przyspieszenia B12/200 nr fabr. 20422, 20425,
20429
Źródło sygnału ADZ 201 nr fabr. 11
Generator impulsów KZ1508A nr fabr. 101933
Licznik impulsów KZ2026A nr fabr. 135626
Rejestrator WX2300 nr fabr. 856
Zestaw wzmacniaczy pomiarowych AMP-ISL nr fabr. 4
Zestaw mikrokomputera MSA-80.3100 nr fabr. 08
Kaseta pakietów sprzęgających MSA-80 nr fabr. 08
Zestaw mikrokomputera IBM PC/AT, nr fabr. 16879F
Stanowisko do badania głównych wymiarów, przestrzeni roboczej i
powtarzalności położenia zerowego z głowicą teodolitową TA-6
nr fabr. 10173

Zespół zadawania siły z siłownikiem KTO nr fabr. 648
Głowica do kalibracji stopni swobody v, t
- Poziomica ramowa typ MPS-200 nr fabr. 1804
Czujniki zegarowe MBAA10II nr nr fabr. 3886, 1186, 3686.

6. Wyniki badań funkcjonalnych

Przeprowadzone badania wykazały działanie funkcjonalne stanowisk zgodnie z przyjętymi założeniami.

Badając stanowisko SUM-R stwierdzono prawidłowe działanie:

- wszystkich zabezpieczeń przeciwzwarciovych
- układu zabezpieczającego przed niekontrolowanym włączeniem stanowiska po chwilowym (0,5 s) zaniku napięcia w sieci zasilającej
- układu sygnalizującego krótkotrwały zanik napięcia w sieci zasilającej (> 18 ms)
- obwodu STOP AWARYJNY robota oraz obwodu sygnalizacji akustycznej od przzerwania bariery optycznej i wyłączenia stanowiska
- obwodu licznika cykli pracy robota

Stwierdzono prawidłową współpracę stanowiska SUM-R z siłownikiem elektrycznym zespołu zadawania siły oraz z układem sterowania badanego robota.

Zainstalowanie przycisku z kluczykiem (stacyjki) skutecznie zabezpiecza przed ponownym włączeniem stanowiska przez osobę nieupoważnioną. Przy wyjętym kluczyku ze stacyjki stanowisko można jedynie wyłączyć.

Nie stwierdzono wzajemnego zakłócania się urządzeń i aparatury pomiarowej zainstalowanej w stojaku.

7. Wyniki badań podstawowych

W ramach badań podstawowych wykonano charakterystyki i określono parametry następujących głowic i układów pomiarowych:

- wyniki sprawdz. głowicy do pomiaru siły GP-1F/0.5

charakterystyka - patrz wykres rys.5

zakres pomiaru siły - ± 350 N

błąd tarcia statycznego 4 N

błąd od ciężaru czujnika 18 N

szybkość zmiany siły 18,9 N/s

- wyniki sprawdzenia głowicy do pomiaru siły GP-1F/5
charakterystyka - patrz wykres rys.6
zakres pomiaru siły +1050 + -1250 N
błąd tarcia statycznego <10 N
błąd od ciężaru czujnika <10 N
szybkość zmian siły 44,7 N/s
- wyniki sprawdzenia głowicy GP-3G i układu do pomiaru przyspieszenia
błąd kalibracji kanałów 0,05 m/s²
błąd od położenia głowicy 0,1 m/s²
- wyniki sprawdzenia zespołu rezystorów pomiarowych RW2006
klasa - 1,5
- wyniki sprawdzenia układu do pomiaru temperatury
uchyb pomiaru od długości przewodu (4 m) - +0,4°C
różnica wskazań dla różnych kanałów - 0,1°C
rozdzielczość pomiaru temperatury - 0,2°C
- wyniki sprawdzenia układu pomiaru napięcia i prądu
błąd pomiaru napięcia - 1 %
błąd pomiaru prądu - 1,5 %

8. Wyniki badań porównawczych

Badania porównawcze sprawdzające i określające wykonano zgodnie z odpowiednimi arkuszami zamieszczonymi w DTR stanowisk badawczych nr rej. 6463, wykorzystując programy użytkowe zapisane na kasetach dla układu sterowania robotą, opracowane na podstawie wymagań zawartych w ZN.

Badania wykonano przy użyciu metod stosowanych dotychczas oraz przy wykorzystaniu nowych metod komputerowych. Na wydrukach z mikrokomputera podana jest data i czas wykonania sprawdzenia oraz wartości temperatury otoczenia (środowiska).

A. Badania porównawcze, sprawdzające dla robota IRb-60

- Badanie przestrzeni roboczej wykonano metodą tradycyjną używając metalowej taśmy mierniczej oraz nową metodą (patrz ark.2.0) wykorzystując stanowisko do badania przestrzeni roboczej. Wyniki sprawdzenia przestrzeni są zamieszczone w tabeli 1 oraz na wydruku 1 z mikrokomputera.
- Badanie powtarzalności pozycjonowania statycznego wykonano w punkcie Po (patrz ark.1.1) przy użyciu głowicy GP-3L (patrz ark. 4.1) wyposażonej w czujniki zegarowe i czujniki indukcyjne (patrz ark.5.1).

Rejestracja wyników pozycjonowania, w układzie pomiarowym wg ark.5.1, jest synchronizowana sygnałem od robota i przebiega automatycznie pod nadzorem mikrokomputera.

Wyniki sprawdzenia pozycjonowania w punkcie Po są zamieszczone w tabeli 2 oraz na wydruku 2 z mikrokomputera.

Na rys.1 przedstawiono charakterystykę dokładności pozycjonowania robota w punkcie Po. Na wydruku są podane obliczone przez mikrokomputer wartości powtarzalności pozycjonowania

$$R_x = 0,018 \text{ mm}, R_y = 0,006 \text{ mm}, R_z = 0,027 \text{ mm}$$

- Badanie sztywności

Badanie sztywności wykonano dla stopnia swobody $\emptyset$ i α przy użyciu stojaków, linek stalowych i obciążników oraz przy użyciu stanowiska do badania sztywności (patrz ark.2.6, 4.1, 5.3)

Wyniki sprawdzenia sztywności metodą tradycyjną są zamieszczone w tabeli 3. Na rys. 2 przedstawiono charakterystykę stopnia swobody α określoną metodą tradycyjną, a na rys.3 charakterystykę zarejestrowaną na rejestratorze WX2300 w sprawdzeniu wykonanym z wykorzystaniem stanowiska badawczego. Z wykresów wynika, że błąd pomiaru siły czujnikiem TSt5 wynosi 8,7 %. Przy badaniu sztywności stopnia swobody $\emptyset$ stwierdzono znaczne ograniczenie wartości zadanej siły (+47 KG, -65 KG) spowodowane ugięciem zespołu zadawania siły (-7,7 mm, +8,9 mm mierzone na głowicy zespołu). Zespół zadawania siły wymaga dodatkowego usztywnienia.

- Badanie prędkości maksymalnych wykonano wykorzystując planszę pomiarową, mocowaną do robota w określonych miejscach (patrz ark.2.4). Sprawdzenie wykonano w dwóch układach pomiarowych z licznikiem impulsów KZ2026A oraz mikrokomputerem IBM-PC/AT.

W układzie z mikrokomputerem pomiary są synchronizowane sygnałem od robota, a wyniki wyprowadzone na drukach. W tabeli 4 są zamieszczone wyniki pomiarów liczby impulsów oraz obliczone wartości prędkości maksymalnej dla stopni swobody $\emptyset, \ominus, \alpha, t.V$

Wyniki pomiaru prędkości maksymalnej z wykorzystaniem systemu mikrokomputerowego są przedstawione na wydrukach 3+6.

Błąd bezwzględny metody wynosi 2,5 %/s.

- Badanie czasu rozruchu, hamowania, napięcia prądnic tachometrycznych układów napędowych, prądu silników napędowych

Sprawdzenia wykonano rejestrując przebiegi napięć prądnic i prądów silników rejestratorem WX2300 oraz zapisując do pamięci mikrokomputera IBM-PC/AT w układzie pomiarowym wg ark.5.4.

W układzie z mikrokomputerem pomiar napięć i prądów jest synchronizowany sygnałem od robota. Wyniki sprawdzeń są zamieszczone w tabeli 5. Dla porównania wartości napięć i prądów wyznaczono czas t_u (czas, po którym robot uzyskując prędkość ustaloną lub maksymalną). Dzięki wykorzystaniu zespołu rezystorów pomiarowych uzyskano znacznie wyższą dokładność pomiaru wartości prądu.

B. Badania określające

- Badanie przyspieszenia poszczególnych stopni swobody części manipulacyjnej robota IRb-60

Sprawdzenia wykonano głowicą GP-3G (patrz ark.4.1), zamocowaną do końcówki kołnierzonej robota, w układzie pomiarowym wg ark.5.5. Wyniki pomiarów są przedstawione na wydrukach 7+10. Najwyższe przyspieszenie osiąga stopień swobody V ($a = 26,42 \text{ m/s}^2$), a najniższe stopień swobody $\ominus$ (o dużej masie, długim czasie rozruchu).

- Badanie dokładności odtwarzania toru w ruchu po linii prostej dla robota IRp-6

Przed przystąpieniem do sprawdzeń wykonano kalibrację części manipulacyjnej oraz określono definicję głowicy pomiarowej GP-2L (patrz ark.4.1 i rys.11.A). Sprawdzenie wykonano w układzie pomiarowym wg ark.5.1, typując tory ruchu położenia na płaszczyznach sześcianu wpisanego w przestrzeń robotzą (patrz ark.1.1). Maksymalne odchylenie w ruchu po linii prostej sprawdzono w obydwu kierunkach wzdłuż prostej C1-C7 dla prędkości 5 cm/s, 10 cm/s, 20 cm/s. Wyniki sprawdzenia są zamieszczone na wydrukach 13+15. Maksymalne odchylenie w ruchu po linii prostej zależy od prędkości ruchu i dla prędkości 20 cm/s wynosi $X = 1,067 \text{ mm}$, $Z = 1,34 \text{ mm}$.

- Badanie dokładności pozycjonowania dynamicznego w punkcie Po (zachowania stałości położenia punktu TCP przy zmianach orientacji osi narzędzia) dla robota IRp-6.

Przed sprawdzeniem wykonano kalibrację części manipulacyjnej oraz określono definicję głowicy pomiarowej GP-TCPm (patrz ark.4.1 i rys.11.B). Sprawdzenie wykonano w układzie pomiarowym wg ark.5.1 wykorzystując głowicę GP-3L (patrz ark.4.1). Sprawdzenie wykonano dla położenia zadanego Po (patrz ark.1.1) i prędkości zmian orientacji osi narzędzia 10 deg/s, 30 deg/s. Robot realizował ruch związany ze zmianą orientacji osi narzędzia względem prostopadłej do płaszczyzny poziomej C5-C6-C7-C8.

Wyniki sprawdzenia są zamieszczone na wydrukach 11-12.

Dokładność pozycjonowania robota zależy od prędkości zmian orientacji osi narzędzia i wynosi dla 30 deg/s odpowiednio:

X = 1,024 mm, Y = 1,526 mm, Z = 2,436 mm.

9. Wykaz tabel, rysunków i wydruków

Tabela:

- 1 Wyniki sprawdzenia przestrzeni roboczej
- 2 Wyniki sprawdzenie dokładności pozycjonowania robota w punkcie Po
- 3 Sprawdzenie sztywności stopnia swobody
- 4 Wyniki sprawdzenia prędkości maksymalnych stopni swobody
- 5 Wyniki sprawdzenia napięcia prądnicy tachometrycznej układów napędowych i prądu silnika napędowego dla prędkości ustalonej i maksymalnej robota, czasów t_p , t_h (metoda rejestracji rejestratorem WX2300 oraz w układzie pomiarowym wg ark.5.4)

Rysunek:

- 1 Charakterystyka dokładności pozycjonowania robota w punkcie Po
- 2+3 Charakterystyki sztywności stopnia swobody
- 4 Charakterystyka głowicy do pomiaru siły GP-1F/0,5
- 5 Charakterystyka głowicy do pomiaru siły GP-1F/5
- 6+10 Przebiegi napięcia prądnicy tachometrycznej układów napędowych i prądu silnika napędowego
- 11 Definicja głowic pomiarowych

Wydruk:

- 1 Wyniki sprawdzenia przestrzeni roboczej
- 2 Wyniki sprawdzenia dokładności pozycjonowania w punkcie Po
- 3+6 Wyniki pomiaru prędkości maksymalnej stopni swobody
- 7+10 Wyniki sprawdzenia przyspieszenia poszczególnych stopni swobody części manipulacyjnej robota IRb-60
- 11+12 Wyniki sprawdzenia dokładności pozycjonowania dynamicznego w punkcie Po (zachowania stałości położenia punktu TCP przy zmianach orientacji osi narzędzia) dla robota IRp-6
- 13+15 Wyniki sprawdzenia dokładności odtwarzania toru w ruchu po linii prostej dla robota IRp-6.

11

10. Uwagi końcowe

1. Funkcjonalne działanie stanowisk badawczych jest zgodne z przyjętymi założeniami
2. Działanie zabezpieczeń przeciwzakłóceńowych i układu zabezpieczającego przed niekontrolowanym włączeniem stanowiska SUM-R po całkowitym zaniku napięcia w sieci zasilającej jest prawidłowe
3. Działanie obwodu STOP AWARYJNY robota oraz obwodu sygnalizacji akustycznej od przerywania bariery optycznej jest prawidłowe.
4. Nie stwierdzono wzajemnego zakłócania się urządzeń i aparatury pomiarowej zainstalowanej w stojaku.
5. Działanie systemu MSA-80 jest wystarczające dla potrzeb wielokanałowego zbierania danych pomiarowych z zestawu 6xCAX1002/1020 i sterowania zespołem zadawania siły
6. Zastosowanie pakietu przetwornika MSA-80.MIK29 w miejsce MSA-80.25 poprawiło dokładność pomiarów
7. Wykonane badania porównawcze potwierdziły właściwy⁺ dobór urządzeń i przyrządów pomiarowych pod względem działania funkcjonalnego i własności metrologicznych
8. Stanowiska badawcze i specjalistyczny osprzęt umożliwiły wykonanie sprawdzeń nowych funkcji robota IRp-6
9. Badania wykazały potrzebę dodatkowego mechanicznego usztywnienia zespołu zadawania siły oraz zastosowania sztywniejszych sprężyn w głowicy GP-1F/5 (przy wykorzystaniu dostępnego siłownika o wysuwie trzpienia 50 mm). ~~Zamówienie na siłownik o wysuwie trzpienia 80 mm nie zostało zrealizowane.~~
10. Wstępna obserwacja pracy mikrokomputera MSA-PC/AT w warunkach hali 4A wskazuje na konieczność zakupu i zainstalowania systemu stałego zasilania. System UPS f-my POWEHOPE jest oferowany na naszym rynku przez STUDIO-8 Spółka z o.o.
11. Zgodnie z zaleceniem komisji odbierającej zadanie 4.5 (protokół nr 55/90) wykonano badania układu pomiaru i wizualizacji napięć prądnic tachometrycznych i prądów silników. Zakłócenia przebiegów prądu i napięć obserwowanych na monitorze wynikały ze sposobu pracy oprogramowania modułu pakietu LC-011-1612 f-my AMBEX (przełączanie segmentów pamięci). Powyższe ograniczenia ominięto poprzez inną organizację zbierania wyników pomiarów, tj. przez rejestrowanie oddzielnie danych dla poszczególnych kanałów, a nie jak poprzednio - dla wszystkich kanałów jednocześnie.

12. Realizując cel 28 osiągnięto następujący zakładany poziom pracy:

- stanowiska są uniwersalne i zapewniają badanie różnych typów robotów przemysłowych. Uniwersalność elementów i modułów pozwala zestawiać stanowiska pomiarowe w różnych konfiguracjach, zależnie od gabarytów robota i wielkości strefy roboczej.
- automatyczna rejestracja i przetwarzanie danych pomiarowych na mikrokomputerze IBM PC/AT znacznie skraca czas badań
- zastosowane urządzenia i przyrządy zapewniają dużą dokładność pomiarów
- opracowanie programów użytkowych na badania dla układu sterowania robota oraz synchronizowanie pomiarów sygnałem od badanego robota, zapewnia powtarzalność pomiarów
- zastosowanie zespołu zadawania siły, jak również czujników indukcyjnych, które pozwalają na automatyczną rejestrację wyników, stwarza nieuciążliwe i bezpieczne warunki pracy
- w trakcie realizacji celu, wykonano adaptację hali 4A, przygotowując powierzchnię umożliwiającą jednoczesne badanie dwóch robotów przemysłowych. W celu zapewnienia sztywnego zamocowania stanowisk do podłoża wykonano segmenty sztucznej podłogi. Wykonano dwa niezależne węzły zasilania w energię elektryczną i pneumatyczną, segmenty osłonowe, stojaki przenośne dla zawieszenia łańcucha i zamocowania elementów bariery optycznej. W celu zapewnienia odpowiednich warunków obsługi sprzętu komputerowego wykonano ścianki osłonowe, które stanowią oddzielne pomieszczenie chroniące przed wpływem czynników zewnętrznych, zlokalizowany w nim sprzęt pomiarowy i komputerowy.

Tabela.1. Wyniki sprawdzenia przestrzeni roboczej

Punkt	Współrzędna [mm]		Wartość kąta [grad]		Wartość parametrów [mm]
	X	Z	H	V	
P ₀	1280	1600	30.04	100	$m = 2770$ $n = 1480$ $H_0 = 30^{\circ}32'30''$ $r = 2507.9$ $h = 1600$ $\Delta X = 200$
P ₁	1890	1215	41.11	106.99	
P ₂	1400	370	32.41	125.76	
P ₃	930	645	22.60	121.83	
P ₄	900	1065	21.93	112.61	
P ₅	990	1750	23.93	96.46	
P ₆	1720	1655	38.27	98.85	

. Tabela 3

Sprawdzenie sztywności

stopień swobody - 2

Typ robota IRb-60.

. 1-7/kierunek działania momentu/+/

. 9-15/kierunek działania momentu/-/

data

Lp.	M		B ₁	B ₂	B _s	B _{śr}	
	Nm	%	mm	mm	mm	mm	rad ·10 ⁻³
1	0,0	00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	73,0	10	0,17	0,20	0,19	0,19	0,19
3	365,0	50	1,35	1,47	1,45	1,42	1,42
4	730,0	100	2,44	2,48	2,47	2,46	2,46
5	365,0	50	1,70	1,59	1,60	1,63	1,63
6	73,0	10	0,24	0,30	0,27	0,27	0,27
7	0,0	00	0,07	0,10	0,12	0,10	0,10
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

L.p	X	Y	Z	Uwagi
	mm	mm	mm	
1	2	3	4	5
1	0,00	0,00	0,00	
2	-0,01	0,01	-0,01	
3	-0,01	0,01	-0,02	
4	-0,01	0,01	-0,02	
5	-0,01	0,01	-0,01	
6	-0,01	0,02	-0,02	
7	-0,01	0,04	-0,02	
8	-0,01	0,04	-0,02	
9	-0,01	0,05	-0,02	
10	-0,01	0,04	-0,02	
11	0,01	0,02	-0,02	
12	0,02	0,02	-0,03	
13	0,04	0,03	-0,02	
14	0,00	0,02	-0,05	
15	0,02	0,00	-0,04	
16	0,02	0,02	-0,05	
17	0,00	0,00	-0,05	
18	0,02	0,02	-0,08	
19	0,01	0,05	-0,07	
20	0,01	0,01	-0,06	
21	-0,01	0,02	-0,06	
22	-0,01	0,01	-0,08	
23	-0,02	-0,01	-0,08	

1	2	3	4	5
24	0,00	- 0,02	- 0,08	
25	0,00	0,00	- 0,09	
26	- 0,01	0,00	- 0,11	
27	- 0,01	0,01	- 0,10	
28	0,00	0,00	- 0,10	
29	0,02	0,01	- 0,10	
30	0,01	- 0,01	- 0,12	
31	0,02	- 0,02	- 0,12	
32	0,02	- 0,05	- 0,10	
33	0,02	- 0,02	- 0,15	
34	0,02	0,00	- 0,12	
35	0,02	- 0,02	- 0,10	
36	0,00	- 0,04	- 0,11	
37	0,02	- 0,08	- 0,12	
38	0,02	- 0,02	- 0,17	
39	0,01	- 0,01	- 0,12	
40	0,03	0,01	- 0,14	
41	0,03	0,00	- 0,18	
42	- 0,01	- 0,02	- 0,13	
43	- 0,01	- 0,01	- 0,13	
44	- 0,01	- 0,01	- 0,15	
45	- 0,01	- 0,01	- 0,16	
46	0,03	- 0,01	- 0,18	
47	0,03	- 0,01	- 0,20	
48	0,03	- 0,06	- 0,20	
49	0,03	- 0,05	- 0,20	

1	2	3	4	5
50	0,04	-0,04	-0,21	
51	0,05	-0,05	-0,24	
52	0,04	0,04	-0,21	
53	0,04	0,06	-0,22	
54	0,05	0,00	-0,25	
55	0,05	0,01	-0,27	
56	0,05	-0,04	-0,32	
57	0,06	-0,07	-0,35	
58	0,07	-0,01	-0,40	
59	0,08	0,03	-0,45	
60	0,11	-0,01	-0,37	
61	0,08	0,01	-0,32	
62	0,06	0,00	-0,35	
63	0,06	-0,01	-0,38	
64	0,05	0,00	-0,42	
65	0,12	0,00	-0,50	
66	0,10	0,00	-0,56	
67	0,07	-0,02	-0,57	
68	0,02	0,01	-0,48	
69	0,05	0,00	-0,43	
70	0,05	-0,01	-0,42	
71	0,05	-0,03	-0,40	
72	0,06	-0,06	-0,38	
73	0,03	-0,06	-0,37	
74	0,02	-0,03	-0,36	
75	0,04	-0,06	-0,36	

1	2	3	4	5
76	0,03	-0,03	-0,33	
77	0,04	-0,04	-0,32	
78	0,02	-0,05	-0,32	
79	0,02	-0,06	-0,30	
80	0,02	-0,09	-0,28	
81	0,02	-0,09	-0,25	
82	0,04	-0,10	-0,25	
83	0,03	-0,10	-0,22	
84	0,02	-0,10	-0,24	
85	0,04	-0,11	-0,23	
86	0,04	-0,10	-0,23	
87	0,00	-0,10	-0,20	
88	0,04	-0,10	-0,22	
89	0,05	-0,11	-0,22	
90	0,04	-0,10	-0,20	
91	0,05	-0,12	-0,25	
92	0,04	-0,11	-0,21	
93	0,03	-0,10	-0,23	
94	0,05	-0,10	-0,22	
95	0,03	-0,10	-0,20	
96	0,03	-0,10	-0,21	
97	0,02	-0,11	-0,20	
98	0,04	-0,14	-0,19	
99	0,04	-0,12	-0,18	
100	0,02	-0,10	-0,17	
101	0,04	-0,14	-0,18	

14

Tabela. 4. Wyniki sprawdzenia prędkości maksymalnych stopni swobody (126-60)

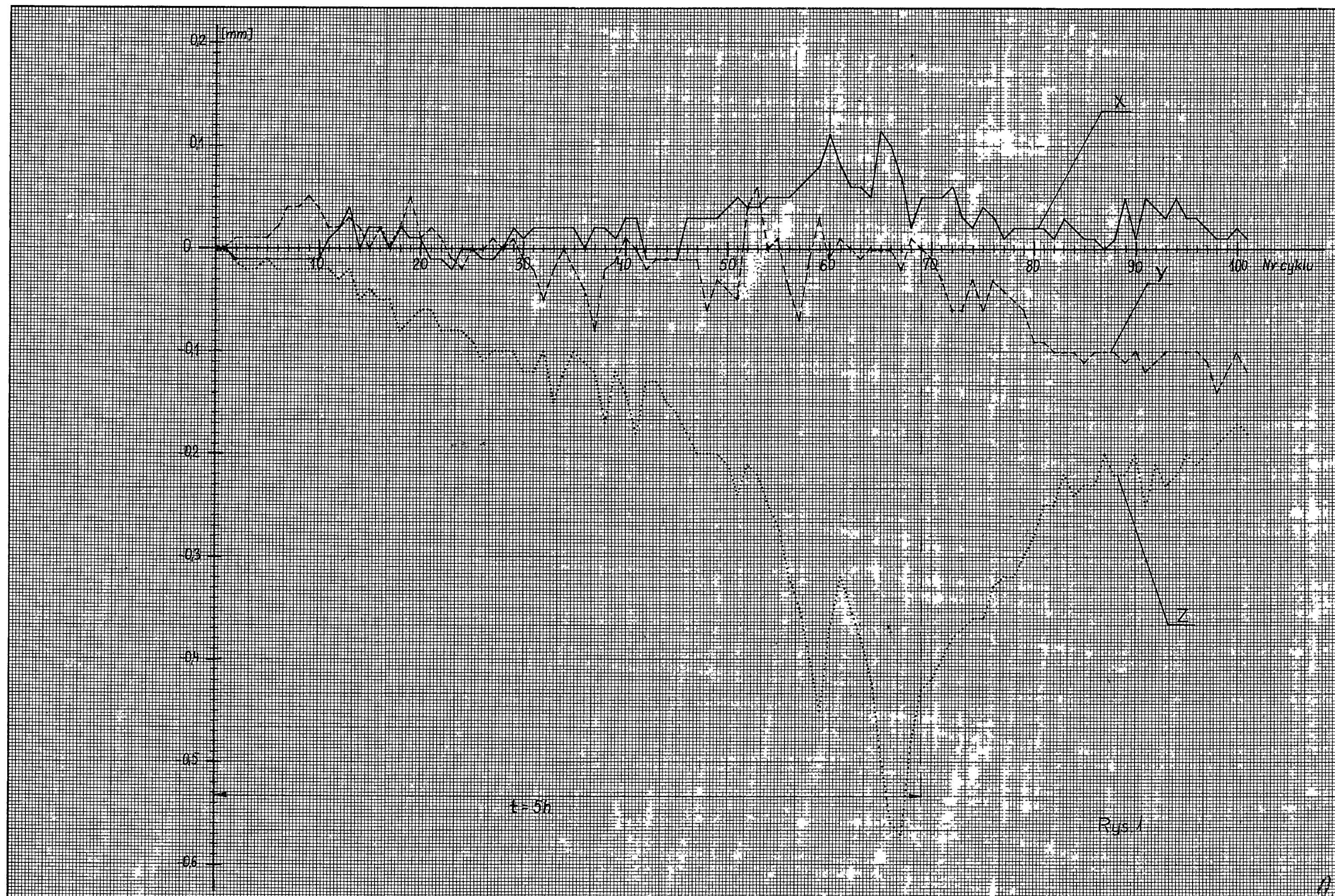
Stopień swobody kierunku ruchu		Liczba impulsów				V_{max} [%]	$V_{max\ sr}$ [%]	$V_{max\ sr}$ [%] wg wydruków
		X_1	X_2	X_3	X_{sr}			
ϕ	+	280	279	280	279.6	62.6	62.7	63.0 ²⁾
	-	279	279	278	278.6	62.8		
θ	+	130	132	134	132.0	67.0	66.6	60.8 ¹⁾
	-	133	134	133	133.6	66.2		
α	+	171	171	171	171.0	46.8	46.8	47.9
	-	171	171	171	171.0	46.8		
t	+	2309	2311	2313	2311.0	85.5	85.6	-
	-	2303	2304	2303	2303.6	85.7		
V	+	3048	3050	3052	3050.0	150.3	150.4	152.8
	-	2949	2949	2949	2949.0	150.5		

- 1) Błąd prędkości ustalony, dokładność pomiaru zależy od dokładności wyznaczenia miejsca przyłożenia czujnika.
- 2) Zaprogramowana prędkość 75%

Tabela 5 Wyniki sprawdzenia U_{gu} , I_{su} , t_p , t_k .

Stopień swobody kierunku ruchu		V_{rob} [%]	U_{gu} [V]	I_{su} [A]	t_p [s]	t_k [s]	t_u [s]	Pomiary w układzie w.g. art. 5.4			
								U_{gu}	I_{su}	t_p	t_k
								V	A	s	s
$\emptyset$	+	75	13.9	8.0	0.45	0.50	2.90	13.86	8.1	0.46	0.49
	-	75	14.0	8.0	0.45	0.45				0.46	0.44
$\ominus$	+	100	19.6	12.0	0.52	0.55	0.83	19.4	12.18	0.51	0.53
	-	100	18.1	10.0	0.42	0.57		17.94	10.14	0.43	0.57
d	+	100	13.8	12.0	0.20	0.50	0.65	13.67	12.17	0.20	0.52
	-	100	13.6	+2.0	0.24	0.50			2.03	0.24	0.51
$t^{1)}$	+	100	8.9	7.8	0.28	0.44	0.94	8.85	7.88	0.29	0.43
	-	100	8.9	7.0	0.28	0.46			7.09	0.28	0.45
$V^{1)}$	+	100	9.8	9.0	0.30	0.45	1.80	9.72	9.12	0.31	0.45
	-	100	9.8	9.0	0.28	0.46				0.28	0.45

1) Stwierdzenie mocy szwedzkiej



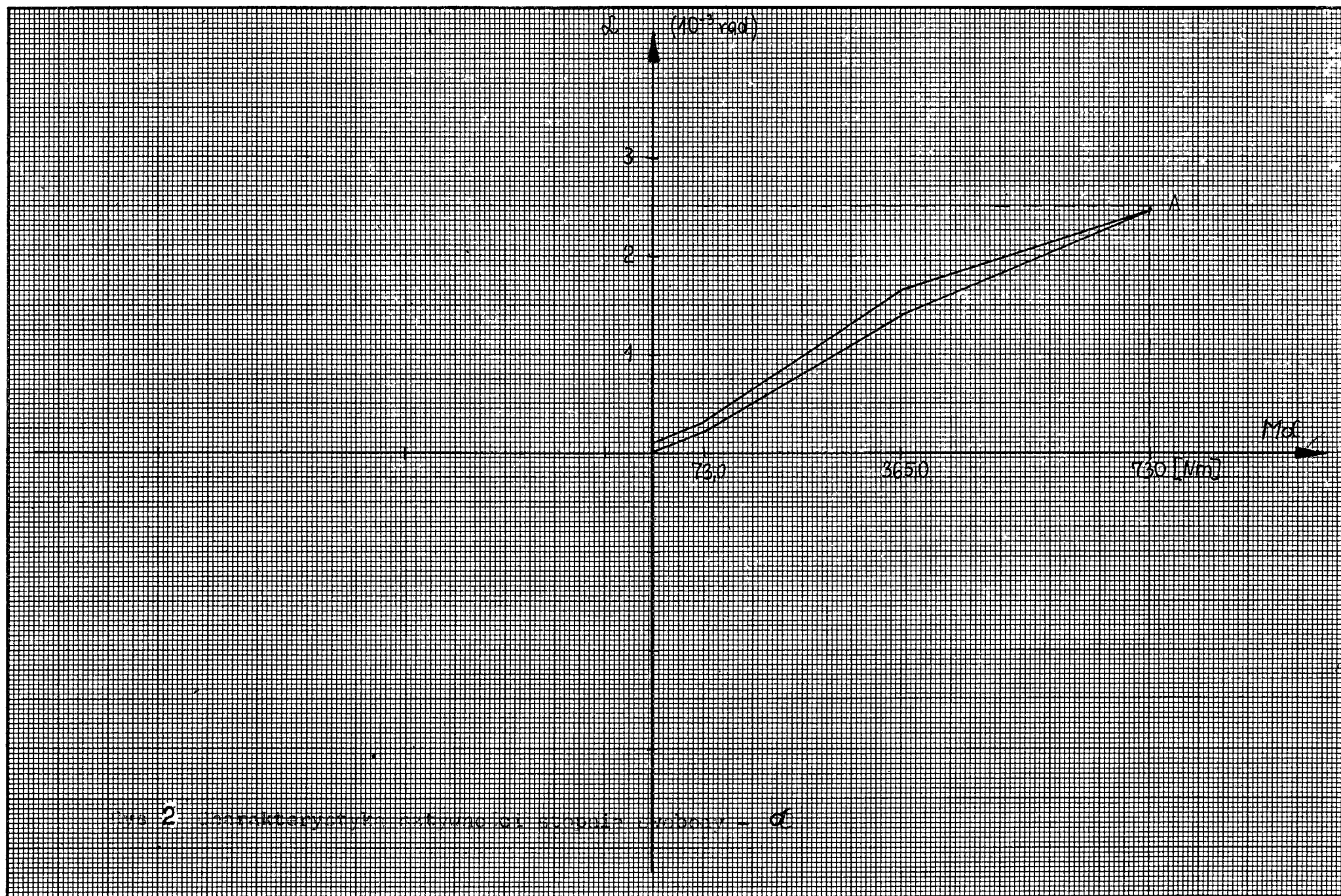
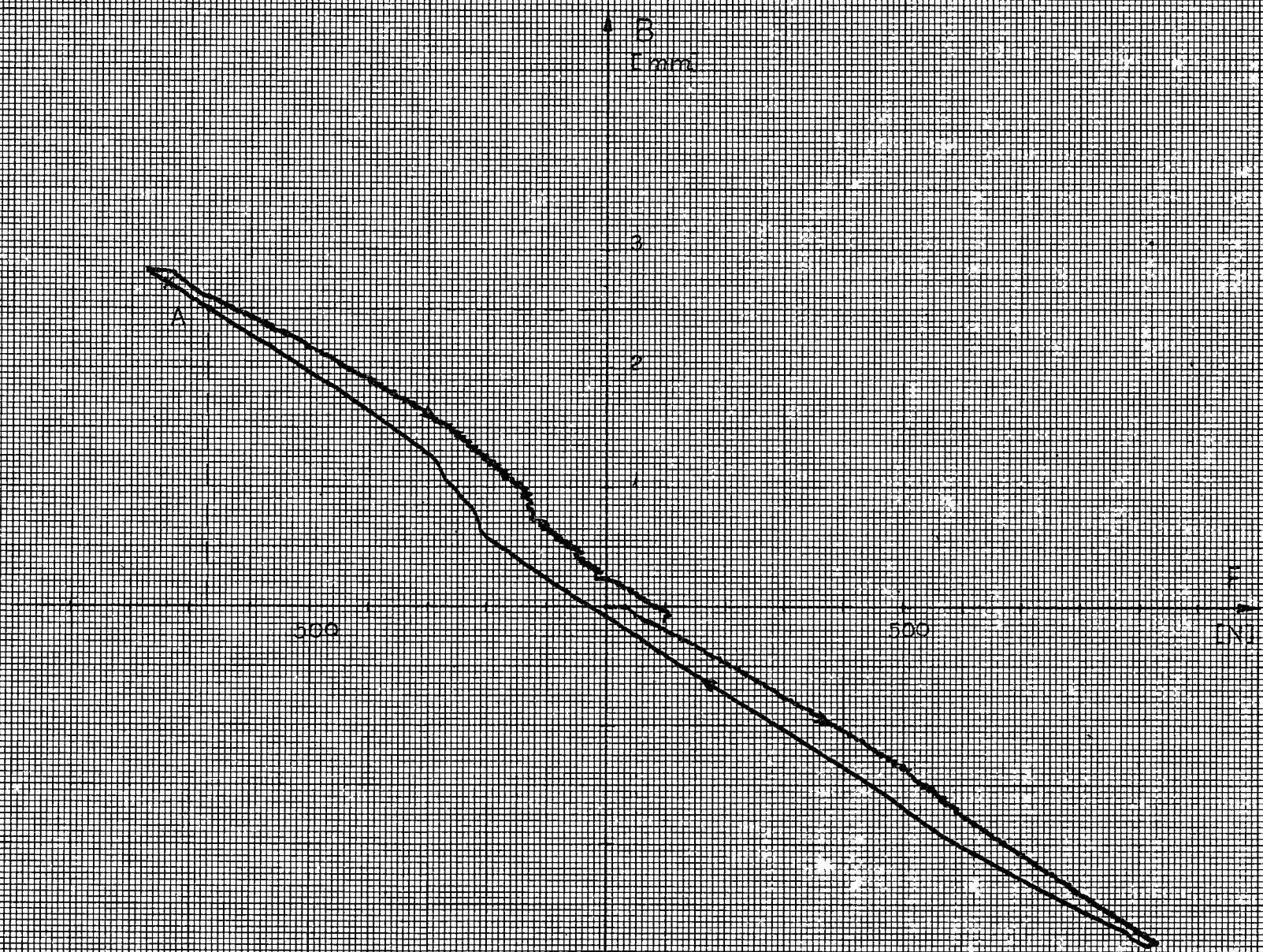


Fig. 2. Dependence of the rate of polymerization on the concentration of the monomer.

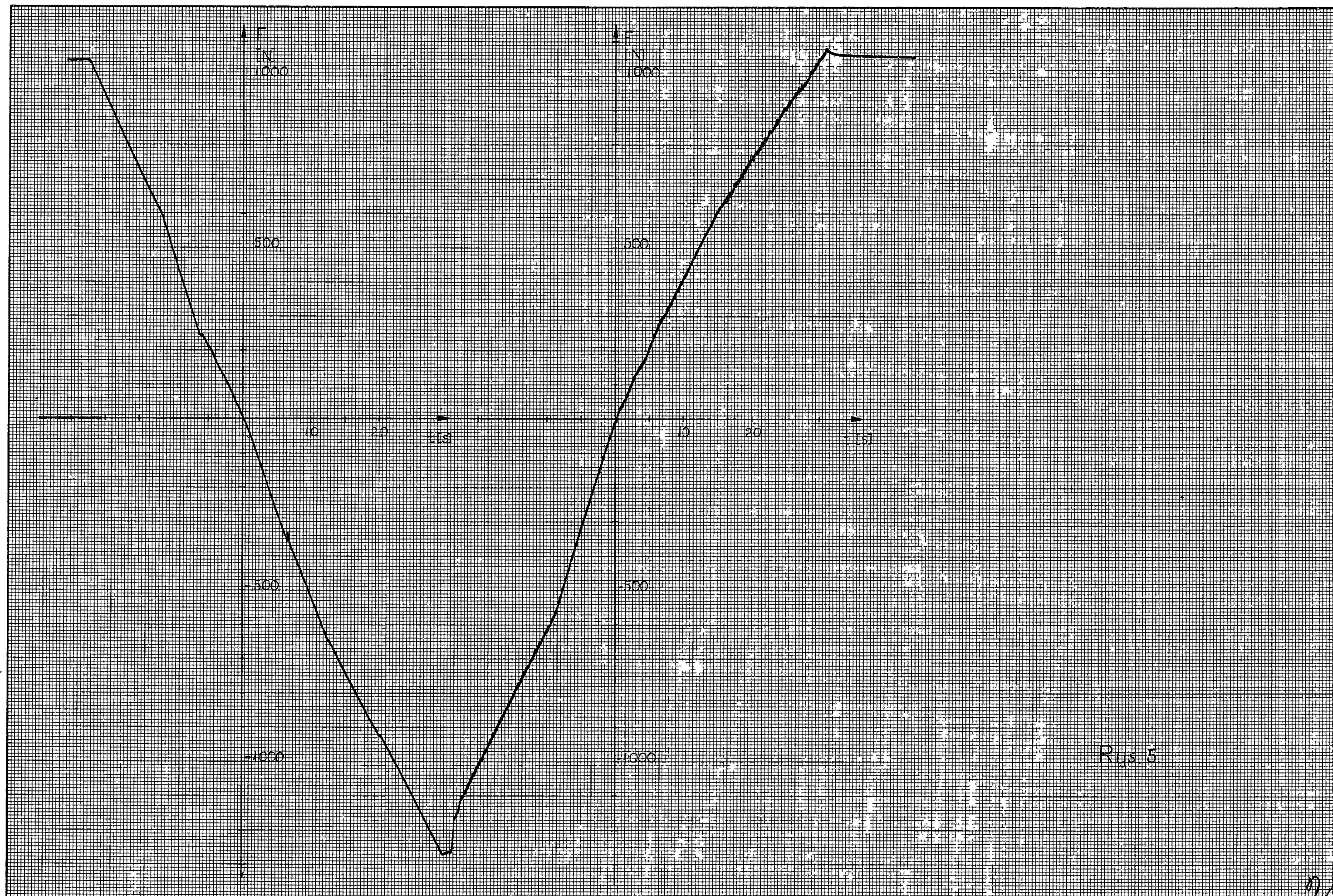
22



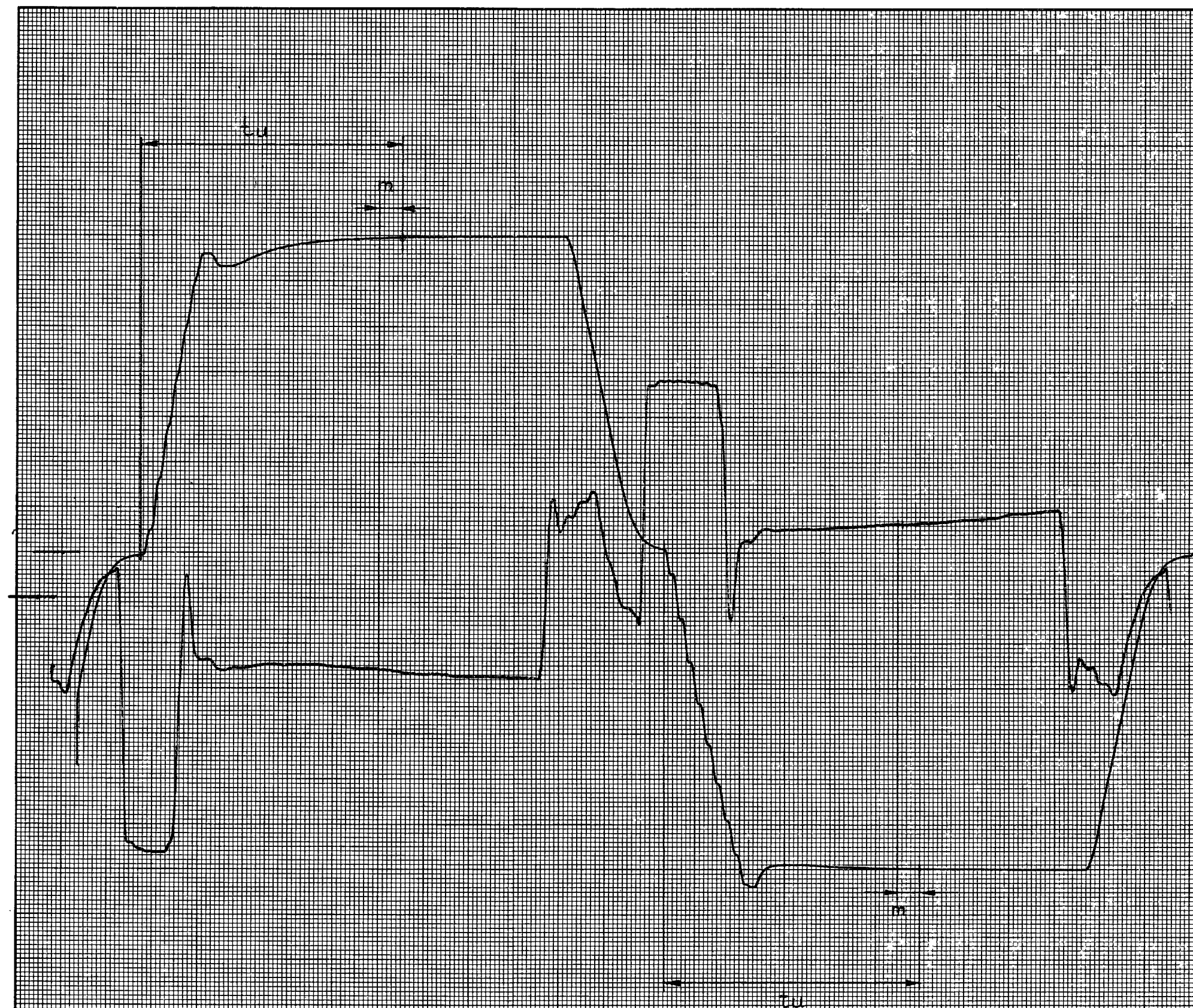
Rys. 3



Rys. 4



Rys. 5



rodzaj ciążenia $\rightarrow 0 \text{ g}$

rodzaj ciążenia $\rightarrow 75 \%$

ciężar ciała robota $\rightarrow 0 \text{ N}$

ciężar ciążenia

$x_1 \text{ / } x_2 \text{ / } \dots \text{ / } 2 \text{ V/cm}$

$x_2 \text{ / } x_3 \text{ / } \dots \text{ / } 50 \text{ mV/cm}$

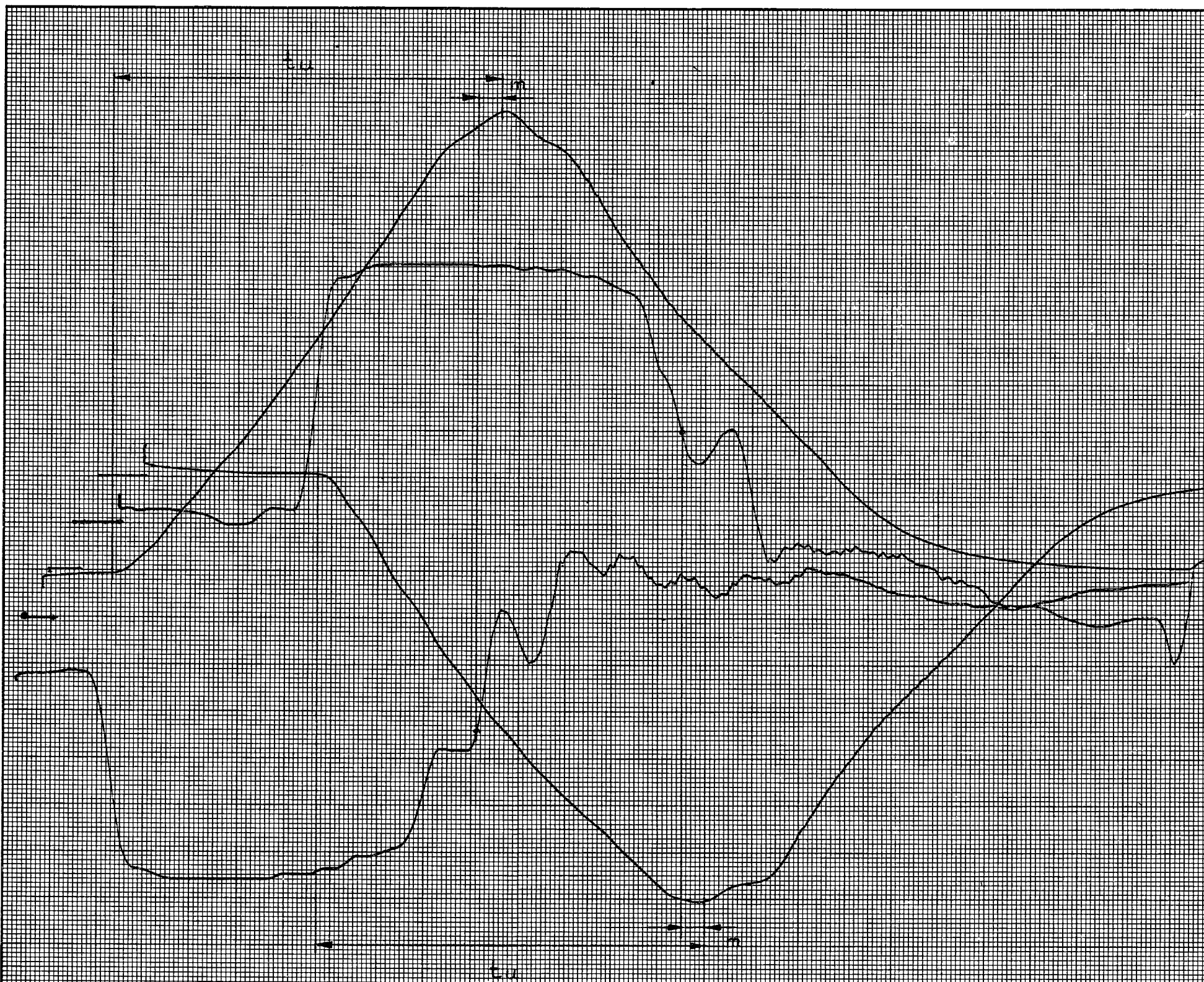
ciężar ciążenia $\rightarrow 10 \text{ kg}$

ciężar ciążenia $\rightarrow 17.5 \text{ A}$

ciężar ciążenia $\rightarrow 2 \text{ cm/s}$

ciężar ciążenia $\rightarrow 0.05 \text{ m/s}$

Rys. 6



Stopień swobody $\rightarrow 3$

Prędkość robota $\rightarrow 100\%$

Obciążenie robota $\rightarrow 0$ /N/

Nastawy rejestratora

$Y_1 / U_g /$ 2 V/cm

$Y_2 / I_s /$ 50 mV/cm

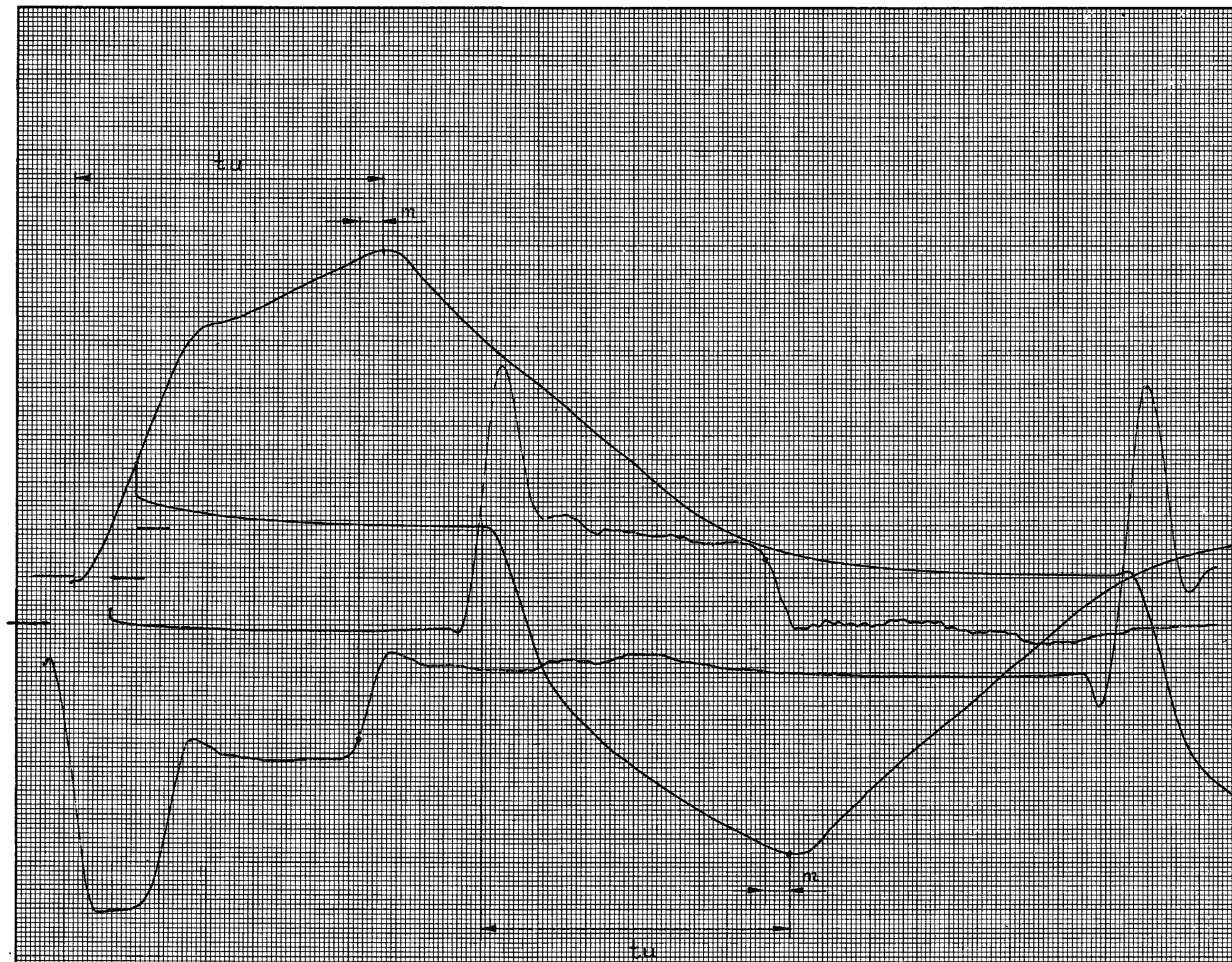
Łącznik prądowy $\rightarrow 10$ mA

Limit prądowy $\rightarrow 17.5$ A

Prędkość rejestracji $\rightarrow 10$ cm/s

Mechaniczne przesunięcie pisaków $\rightarrow 0.5$ cm /m/

Rys. 7



stopper cylinder - 6

fr. dist. 6 points - 100%

cooling rate - 0 / N

constant adjustment

10 / 10 / 1 - 2 V/cm

10 / 10 / 1 - 50 mV/cm

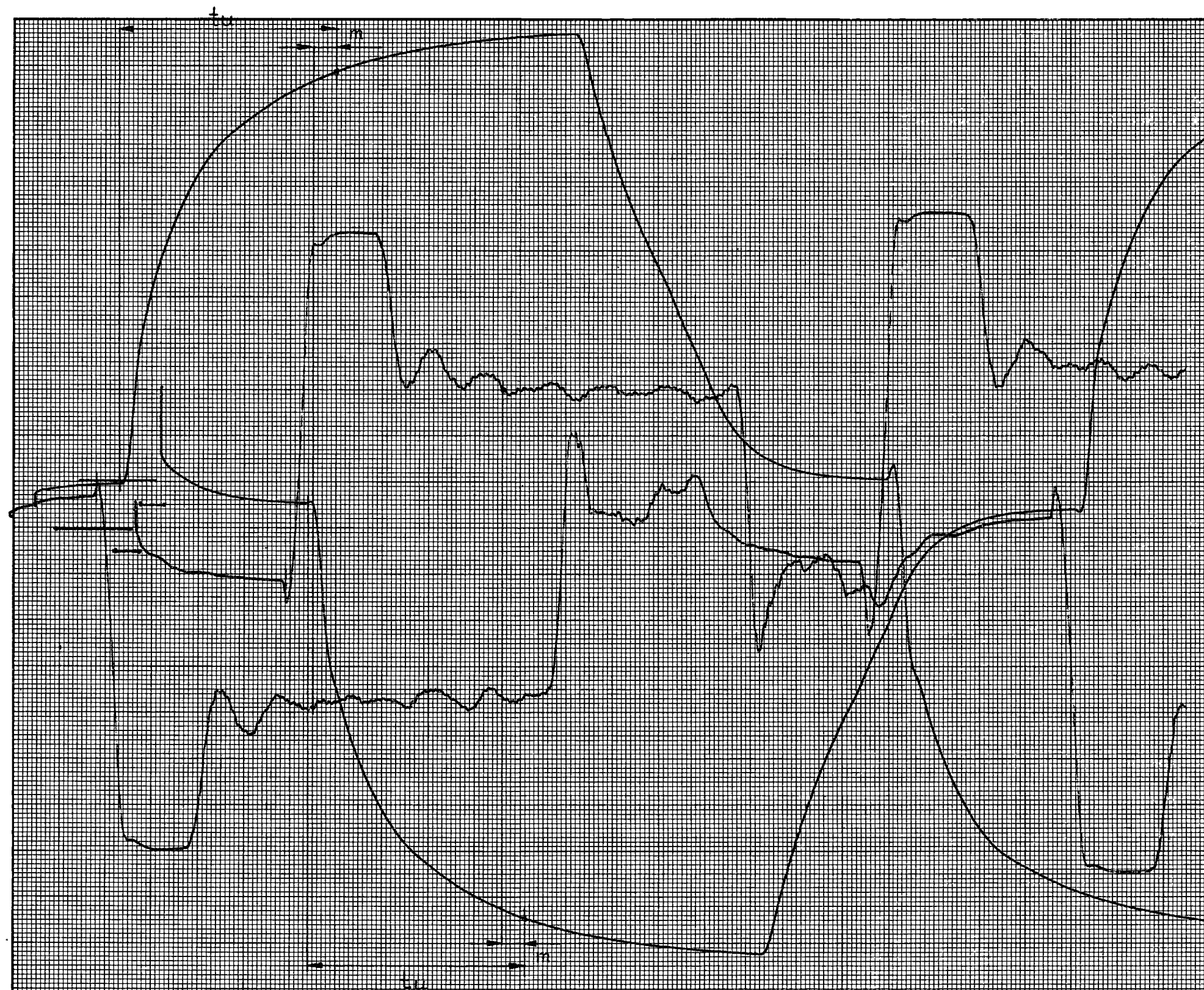
300000 pressure - 10 mOn

1000000 - 21 A

fr. dist. 6 points - 10 cm/s

temperature in water at position - 10, 0 mV/cm

Rys 8



Stopień swobody $\rightarrow t$

Prędkość robota $\rightarrow 100\%$

Ciężar robota $\rightarrow 0\text{ N}$

Nastawy rejestratora

$x1 / 1s /$ 1 V/cm

$x2 / 1s /$ 20 mV/cm

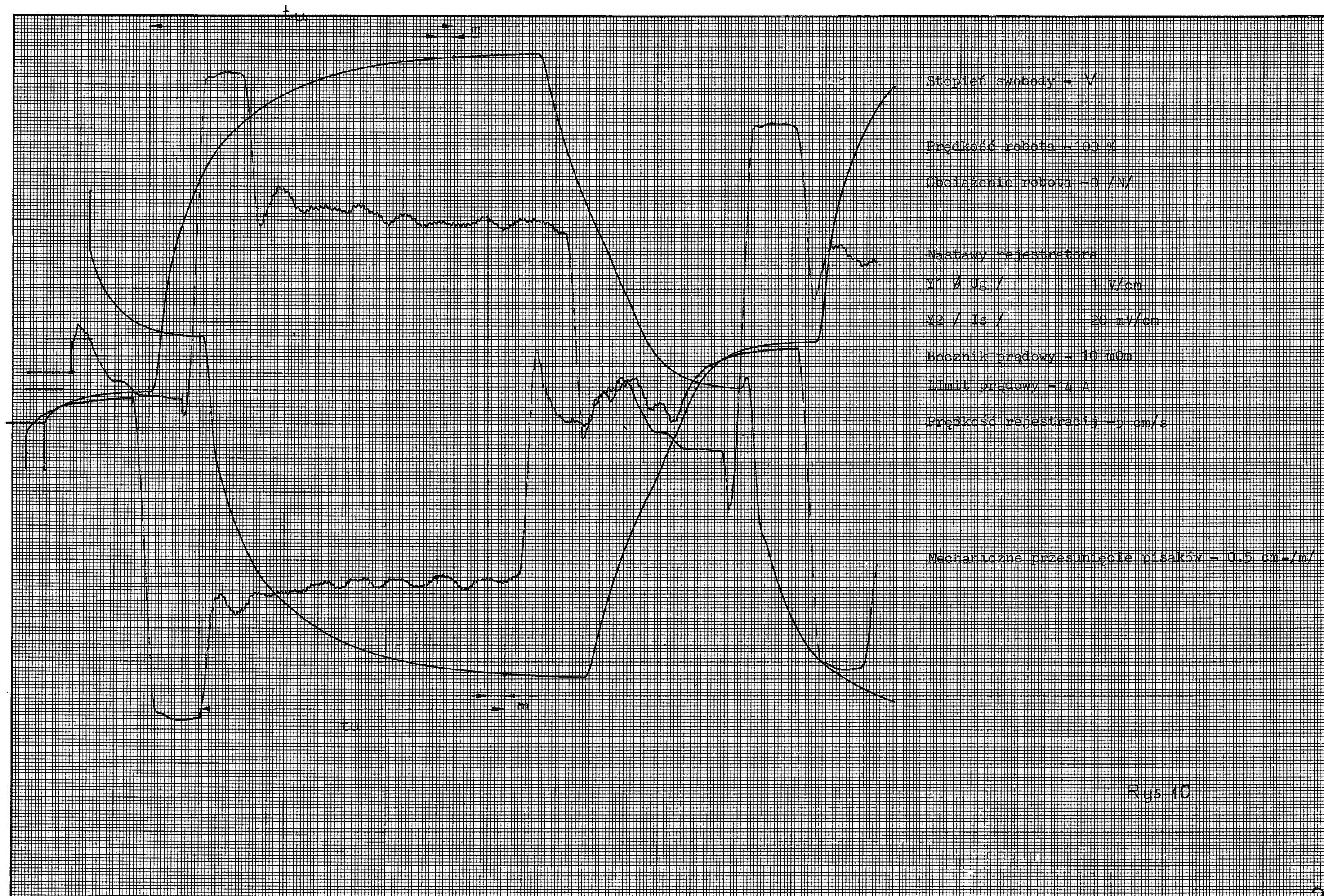
Rezerwa prądowy $\rightarrow 10\text{ mA}$

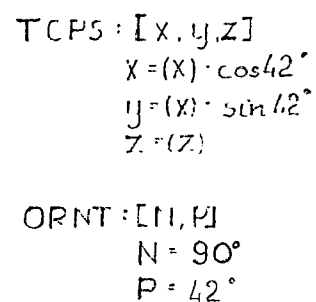
Limit prądowy $\rightarrow 14\text{ A}$

Prędkość rejestracji $\rightarrow 500\text{ s}$

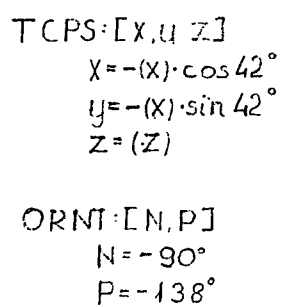
Mechaniczne przesunięcie pisków $\rightarrow 0.5\text{ cm/s}$

Rys. 9.





Rys A



Rys B

* S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R *
 Data spr. 1991.01.10 Temp. 21.8 Godz. 9:14:40

*** POMIAR DOKŁADNOŚCI POZYCJONOWANIA ***

=====			
L P	I	I	I
	X	Y	Z
	kanal 12	kanal 13	kanal 14
I	I	I	I
=====			
1	-0.041	0.000	-0.018
2	-0.049	0.007	-0.045
3	-0.052	-0.032	-0.131
4	-0.036	-0.015	-0.160
5	-0.050	0.013	-0.036
6	-0.033	0.016	-0.050
7	-0.036	-0.025	-0.165
8	-0.045	0.005	-0.039
9	-0.062	-0.017	-0.112
10	-0.074	-0.021	-0.143
11	-0.075	-0.018	-0.071
12	-0.084	0.011	-0.050
13	-0.072	0.016	-0.073
14	-0.051	-0.026	-0.123
15	-0.053	0.006	-0.050
16	-0.053	0.003	-0.101
17	-0.046	0.018	-0.050
18	-0.056	0.044	-0.134
19	-0.075	0.036	-0.068
20	-0.082	0.033	-0.070
21	-0.082	0.022	-0.074
22	-0.081	0.014	-0.065
23	-0.066	0.011	-0.082
24	-0.075	0.005	-0.090
25	-0.097	0.014	-0.041

Maksymalna odchyłka w osi X wynosi - MAX X = WARTOSC ABSOLUTNA .097
 Maksymalna odchyłka w osi Y wynosi - MAX Y = WARTOSC ABSOLUTNA .044
 Maksymalna odchyłka w osi Z wynosi - MAX Z = WARTOSC ABSOLUTNA .165

WARTOSC Rx = 2.521617E-02
 WARTOSC Ry = 3.024489E-02
 WARTOSC Rz = 6.095585E-02

* S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R *
Data spr. 1990.10.30 Temp. 29.1 Godz. 15:41:17

SPRAWDZENIE PREDKOSCI osi nr 1

Nr pomiaru	[mm/s]	[stopni/s]
1	1801.8	63.1
2	1798.6	62.9
3	1801.8	63.1
4	1798.6	62.9
5	1801.8	63.1
6	1798.6	62.9
srednia	1800.2	63.0

* S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R *
Data spr. 1990.10.30 Temp. 29.3 Godz. 16:25:07

SPRAWDZENIE PRĘDKOŚCI osi nr 2

Nr pomiaru	[mm/s]	[stopni/s]
1	414.1	59.6
2	430.1	61.9
3	416.9	60.0
4	428.6	61.7
5	418.4	60.2
6	427.1	61.5
srednia	422.5	60.8

* S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R *
Data spr. 1990.10.30 Temp. 29.5 Godz. 17:03:49

SPRAWDZENIE PRĘDKOŚCI osi nr 3

Nr pomiaru	[mm/s]	[stopni/s]
1	838.3	48.1
2	833.3	47.8
3	838.3	48.1
4	833.3	47.8
5	838.3	48.1
6	833.3	47.8
srednia	835.8	47.9

* S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R *
Data spr. 1990.11.02 Temp. 27.1 Godz. 12:05:31

SPRAWDZENIE PRĘDKOŚCI osi nr 5

Nr pomiaru	[mm/s]	[stopni/s]
1	167.1	153.2
2	165.8	152.0
3	167.0	153.1
4	167.5	153.6
5	166.4	152.6
6	166.1	152.3
srednia	166.6	152.8

* S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R *
 Data spr. 1990.11.02 Temp. 29.3 Godz. 15:24:13

SPRAWDZENIE PRZYSPIESZENIA osi nr 2 [m/s²]

Nr pomiaru	kanal 3	kanal 4	kanal 5	srednia
1	3.42	-1.90	13.43	4.18
2	2.78	-2.73	10.84	1.71
3	2.59	-1.12	12.21	2.72
4	2.69	-1.03	11.96	2.49
5	3.52	-3.76	12.74	3.93
6	2.73	-2.05	11.43	2.12
7	3.37	-3.12	12.94	3.92
8	2.83	-2.20	12.21	2.91
9	3.17	-1.71	13.28	3.95
10	2.69	-2.73	11.28	2.10
11	4.44	-2.64	9.72	1.20
12	7.28	-2.98	6.79	0.58
13	9.28	-3.03	2.78	0.34
14	10.11	-2.49	-0.93	0.64
15	8.30	-2.00	-4.83	0.00
16	6.64	-2.44	-5.22	-1.01
17	6.79	-2.69	-5.57	-0.63
18	6.54	-2.54	-5.13	-1.12
wart. maksymalna	-	-	-	4.18

* S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R *
 Data spr. 1990.11.02 Temp. 28.9 Godz. 15:21:16

SPRAWDZENIE PRZYSPIESZENIA osi nr 3 [m/s²]

Nr pomiaru	kanal 3	kanal 4	kanal 5	srednia
1	2.20	-2.20	13.04	3.59
2	2.78	-2.34	18.65	9.19
3	2.59	-7.13	12.11	4.48
4	3.32	-2.49	11.87	2.76
5	2.78	-2.00	19.87	10.36
6	2.78	-1.42	18.75	9.20
7	2.93	-2.59	8.30	-0.63
8	1.95	-2.39	13.96	4.49
9	3.12	-1.46	18.31	8.82
10	3.61	-2.05	11.23	2.16
11	6.35	-2.39	7.67	0.43
12	8.84	-2.10	4.00	0.12
13	9.52	-2.29	6.40	1.89
14	8.89	-2.34	-3.81	0.14
15	6.84	-2.20	-5.62	-0.69
16	6.64	-1.95	-5.42	-1.02
17	6.40	-2.15	-5.27	-1.25
18	6.69	-2.00	-5.86	-0.69
wart. maksymalna	-	-	-	10.36

* S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R *
 Data spr. 1990.11.02 Temp. 28.5 Godz. 15:12:13

SPRAWDZENIE PRZYSPIESZENIA osi nr 4 [m/s2]

Nr pomiaru	kanal 3	kanal 4	kanal 5	srednia
1	8.35	-3.32	0.68	-0.80
2	2.59	-4.00	6.54	-1.71
3	-2.00	6.69	-4.59	-1.45
4	6.59	-10.60	-3.32	3.10
5	20.41	6.30	14.94	16.26
6	-6.20	-8.79	5.96	2.49
7	2.10	1.51	4.30	-4.79
8	-1.95	4.98	-21.34	12.19
9	2.54	-9.03	-16.85	9.47
10	5.18	6.84	4.25	-0.24
11	4.98	-11.62	-8.06	5.18
12	15.58	6.88	3.96	7.67
13	5.22	-6.45	1.66	-1.35
14	2.39	-6.30	4.98	-1.43
15	-1.71	6.25	3.22	-2.57
16	-1.07	7.03	1.03	-2.62
17	0.34	6.10	6.01	-1.24
18	2.20	5.86	-1.03	-3.47
19	3.27	4.35	-2.29	-3.91
20	4.69	3.61	-3.76	-2.80
21	5.76	2.25	-3.86	-2.52
22	6.59	-6.59	-4.74	0.65
23	6.79	-1.61	-4.74	-1.38
24	6.98	-2.44	-4.79	-1.00
25	7.23	-2.44	-5.13	-0.62
26	7.13	-2.69	-5.32	-0.52
wart. maksymalna	-	-	-	16.26

* S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R * * * S U M - R *
 Data spr. 1990.11.02 Temp. 29.0 Godz. 15:17:12

SPRAWDZENIE PRZYSPIESZENIA osi nr 5 [m/s²]

Nr pomiaru	kanal 3	kanal 4	kanal 5	srednia
1	2.15	-1.90	6.64	-2.58
2	-7.37	-2.29	0.68	-2.06
3	-2.83	-2.39	-3.37	-4.80
4	1.66	-2.15	9.33	-0.10
5	5.52	-2.29	11.18	2.87
6	-4.93	-3.61	6.93	-0.57
7	-7.47	-1.76	8.50	1.64
8	30.81	-1.61	18.99	26.42
9	-7.42	-2.20	8.74	1.86
10	-10.35	-2.49	-6.49	2.66
11	-6.15	-2.54	8.59	1.06
12	-16.31	-2.00	5.18	7.42
13	18.99	-2.00	10.21	11.84
14	1.03	-3.76	2.78	-5.02
15	-7.18	-1.12	-6.49	-0.07
16	-3.61	-2.10	10.25	1.26
17	-4.59	-2.00	5.76	-2.18
18	-1.03	-2.39	18.70	9.07
19	2.05	-2.69	11.13	1.82
20	6.49	-2.44	9.08	1.62
21	8.74	-2.39	5.91	1.01
22	10.50	-2.69	1.66	1.15
23	10.16	-2.05	-1.71	0.69
24	7.32	-2.93	-4.93	-0.51
25	6.45	-2.83	-5.22	-1.04
26	6.59	-2.83	-5.13	-0.99
27	6.49	-2.39	-4.93	-1.31
28	7.18	-2.34	-4.93	-0.79
wart. maksymalna	-	-	-	26.42

Sprawdzenie dokładności pozycjonowania dynamicznego w punkcie Po /stałości położenia punktu TCP przy zmianach orientacji osi narzędzia/ dla robota IRp-6

Błąd stałego położenia TCP wzgl. płaszczyzny poziomej [pomiar ciągły]

DATA BADANIA 09-27-1990

SZYBKOSC = 10 deg/s

TCPs = [-75.8 -68.2 132]

=====				
I	I	I	I	
L P	X	Y	Z	
	kanal 11	kanal 12	kanal 13	
I	I	I	I	
=====				
1	-0.020	0.054	0.004	
2	-0.018	0.059	-0.016	
3	0.134	0.203	0.010	
4	0.084	0.472	0.215	
5	0.039	0.644	0.446	
6	0.056	0.719	0.652	
7	0.090	0.779	0.795	
8	0.101	0.839	0.797	
9	0.159	0.914	0.829	
10	0.283	0.970	0.867	
11	0.375	1.064	0.983	
12	0.388	1.107	0.980	
13	0.410	1.406	0.839	
14	0.513	1.310	0.734	
15	0.589	1.293	0.639	
16	0.580	1.130	0.564	
17	0.642	0.868	0.323	
18	0.652	0.810	0.040	
19	0.676	0.987	-0.222	
20	0.652	1.008	-0.409	
21	0.661	1.000	-0.427	
22	0.463	1.214	-0.687	
23	0.480	1.222	-1.114	
24	0.521	1.250	-1.465	
25	0.496	1.059	-1.701	
26	0.477	0.754	-1.765	
27	0.537	0.660	-1.911	
28	0.556	0.555	-2.089	
29	0.549	0.432	-2.054	
30	0.545	0.394	-2.041	
31	0.582	0.158	-2.135	
32	0.632	0.046	-2.309	
33	0.646	-0.020	-2.323	
34	0.743	-0.069	-2.313	
35	0.821	-0.289	-2.327	
36	0.875	-0.298	-2.378	
37	0.847	-0.159	-2.271	
38	0.893	-0.226	-2.147	
39	0.961	-0.189	-2.193	
40	0.907	-0.148	-2.119	
41	0.902	-0.151	-1.936	
42	0.852	-0.073	-1.770	
43	0.828	0.051	-1.724	
44	0.772	0.164	-1.594	
45	0.698	0.136	-1.509	
46	0.566	0.163	-1.180	
47	0.493	0.221	-0.840	
48	0.359	0.317	-0.565	
49	0.334	0.417	-0.312	
50	0.199	0.423	-0.068	
51	0.163	0.502	-0.013	
52	0.165	0.550	0.012	
53	0.165	0.574	0.013	

Maksymalna odchyłka w osi X wynosi - MAX X = WARTOSC ABSOLUTNA .9605
Maksymalna odchyłka w osi Y wynosi - MAX Y = WARTOSC ABSOLUTNA 1.4062
Maksymalna odchyłka w osi Z wynosi - MAX Z = WARTOSC ABSOLUTNA 2.3782

124

Sprawdzenie dokładności pozycjonowania dynamicznego w punkcie Po
/stałości położenia punktu TCP przy zmianach orientacji osi narzędzia/
dla robota IRp-6

Błąd stałego położenia TCP wzgl. płaszczyzny poziomej [pomiar ciągły]

DATA BADANIA 09-27-1990

SZYBKOSC = 30 deg/s

TCPS = [-75.8 -68.2 132]

=====				
I	I	I	I	
L P	X	Y	Z	
	kanal 11	kanal 12	kanal 13	
I	I	I	I	
=====				
1	-0.028	0.079	-0.006	
2	-0.017	0.094	-0.006	
3	0.085	0.148	0.003	
4	0.157	0.438	0.557	
5	0.086	0.666	0.791	
6	0.126	0.828	0.780	
7	0.287	0.922	0.990	
8	0.382	1.014	1.004	
9	0.446	1.431	0.816	
10	0.568	1.526	0.655	
11	0.589	1.187	0.443	
12	0.694	1.025	-0.161	
13	0.659	1.075	-0.444	
14	0.537	1.272	-0.612	
15	0.435	1.412	-1.571	
16	0.470	0.807	-1.734	
17	0.548	0.775	-2.018	
18	0.556	0.533	-2.101	
19	0.595	0.452	-2.170	
20	0.700	0.128	-2.341	
21	0.660	-0.004	-2.304	
22	1.007	-0.324	-2.436	
23	0.857	-0.298	-2.325	
24	1.024	-0.208	-2.180	
25	0.964	-0.140	-2.134	
26	0.908	-0.207	-1.749	
27	0.862	0.037	-1.747	
28	0.729	0.041	-1.428	
29	0.444	0.017	-0.572	
30	0.196	0.323	-0.055	
31	0.163	0.486	-0.026	
32	0.165	0.558	0.007	

Maksymalna odchyłka w osi X wynosi - MAX X = WARTOSC ABSOLUTNA 1.0243
Maksymalna odchyłka w osi Y wynosi - MAX Y = WARTOSC ABSOLUTNA 1.5259
Maksymalna odchyłka w osi Z wynosi - MAX Z = WARTOSC ABSOLUTNA 2.4358

Spawdzenie dokladności odtwarzania toru w ruchu po linii prostej dla robota IRp-6

Blad odchylenia od linii prostej [pomiar ciagly]

DATA BADANIA 09-26-1990

SZYBKOSC = 5 cm/s

I	I	I
L P	X	Z
	kanal 11	kanal 12
I	I	I

1	-0.095	0.236
2	-0.090	0.245
3	-0.087	0.251
4	-0.137	0.144
5	-0.307	-0.273
6	-0.344	-0.526
7	-0.293	-0.502
8	-0.321	-0.443
9	-0.352	-0.492
10	-0.342	-0.571
11	-0.331	-0.646
12	-0.366	-0.730
13	-0.406	-0.755
14	-0.453	-0.741
15	-0.476	-0.766
16	-0.468	-0.807
17	-0.463	-0.870
18	-0.533	-0.907
19	-0.628	-0.943
20	-0.675	-0.935
21	-0.697	-0.952
22	-0.700	-0.987
23	-0.686	-1.004
24	-0.712	-1.043
25	-0.751	-1.082
26	-0.763	-1.086
27	-0.739	-1.106
28	-0.757	-1.107
29	-0.767	-1.113
30	-0.799	-1.053
31	-0.789	-1.053
32	-0.771	-1.085
33	-0.779	-1.087
34	-0.796	-1.097
35	-0.810	-1.026
36	-0.773	-1.060
37	-0.786	-1.056
38	-0.815	-0.969
39	-0.796	-0.945
40	-0.775	-0.924
41	-0.788	-0.854
42	-0.793	-0.841
43	-0.753	-0.871
44	-0.739	-0.821
45	-0.747	-0.777
46	-0.703	-0.780
47	-0.643	-0.759
48	-0.649	-0.694
49	-0.659	-0.666
50	-0.628	-0.644
51	-0.641	-0.565
52	-0.634	-0.515
53	-0.555	-0.543
54	-0.519	-0.563
55	-0.506	-0.548
56	-0.459	-0.539
57	-0.432	-0.478
58	-0.420	-0.453
59	-0.402	-0.404
60	-0.387	-0.387

60	-0.407	-0.384
61	-0.383	-0.357
62	-0.364	-0.395
63	-0.325	-0.461
64	-0.211	-0.481
65	-0.130	-0.477
66	-0.130	-0.459
67	-0.136	-0.436
68	-0.133	-0.428
69	-0.130	-0.428
70	-0.122	-0.424
71	-0.112	-0.262
72	0.003	-0.132
73	0.010	-0.130
74	-0.041	-0.098
75	-0.077	-0.038
76	-0.123	-0.077
77	-0.120	-0.102
78	-0.120	-0.091
79	-0.149	-0.086
80	-0.180	-0.115
81	-0.217	-0.188
82	-0.198	-0.227
83	-0.236	-0.233
84	-0.320	-0.296
85	-0.311	-0.350
86	-0.299	-0.348
87	-0.338	-0.348
88	-0.341	-0.399
89	-0.347	-0.461
90	-0.385	-0.495
91	-0.375	-0.526
92	-0.372	-0.586
93	-0.396	-0.593
94	-0.402	-0.598
95	-0.400	-0.654
96	-0.394	-0.669
97	-0.425	-0.694
98	-0.426	-0.779
99	-0.388	-0.784
100	-0.403	-0.753
101	-0.440	-0.766
102	-0.411	-0.792
103	-0.408	-0.831
104	-0.410	-0.834
105	-0.430	-0.839
106	-0.421	-0.891
107	-0.370	-0.893
108	-0.377	-0.893
109	-0.402	-0.854
110	-0.450	-0.888
111	-0.414	-0.850
112	-0.371	-0.764
113	-0.358	-0.702
114	-0.394	-0.657
115	-0.382	-0.601
116	-0.333	-0.590
117	-0.274	-0.539
118	-0.231	-0.489
119	-0.197	-0.400
120	-0.202	-0.374
121	-0.187	-0.358
122	-0.152	-0.338
123	-0.104	-0.276
124	-0.082	-0.169
125	-0.047	-0.091
126	-0.051	-0.023
127	-0.044	0.015
128	0.001	0.025
129	0.094	0.095
130	0.160	0.244
131	0.113	0.346
132	0.041	0.333
133	-0.017	0.285
134	-0.066	0.244
135	-0.096	0.242
136	-0.097	

Maksymalna odchyłka w osi X wynosi - MAX X = WARTOSC ABSOLUTNA .815
Maksymalna odchyłka w osi Z wynosi - MAX Z = WARTOSC ABSOLUTNA 1.113

Sprawdzenie dokładności odtwarzania toru w ruchu po linii prostej dla robota IR_p-6

Błąd odchylenia od linii prostej [pomiar ciągły]

DATA BADANIA 09-26-1990
SZYBKOSC = 10 cm/s

=====		
I	I	I
L P	X	Z
	kanal 11	kanal 12
I	I	I
=====		
1	-0.093	0.192
2	-0.092	0.196
3	-0.087	0.205
4	-0.082	0.214
5	-0.079	0.219
6	-0.280	-0.139
7	-0.542	-0.693
8	-0.574	-0.757
9	-0.527	-0.775
10	-0.535	-0.852
11	-0.585	-0.874
12	-0.612	-0.941
13	-0.651	-1.039
14	-0.730	-1.058
15	-0.774	-1.108
16	-0.830	-1.173
17	-0.837	-1.220
18	-0.852	-1.228
19	-0.897	-1.177
20	-0.876	-1.180
21	-0.895	-1.151
22	-0.861	-1.138
23	-0.895	-1.040
24	-0.886	-0.945
25	-0.850	-0.884
26	-0.831	-0.805
27	-0.800	-0.757
28	-0.769	-0.691
29	-0.744	-0.591
30	-0.700	-0.512
31	-0.644	-0.513
32	-0.598	-0.486
33	-0.560	-0.419
34	-0.544	-0.305
35	-0.461	-0.317
36	-0.251	-0.430
37	-0.126	-0.468
38	-0.120	-0.457
39	-0.128	-0.438
40	-0.125	-0.415
41	-0.121	-0.405
42	-0.116	-0.404
43	-0.107	-0.402
44	0.043	-0.217
45	0.153	-0.099
46	0.146	-0.126
47	0.088	-0.175
48	0.004	-0.178
49	-0.041	-0.257
50	-0.129	-0.311
51	-0.151	-0.424
52	-0.178	-0.451
53	-0.219	-0.514
54	-0.222	-0.588
55	-0.227	-0.654
56	-0.227	-0.713
57	-0.251	-0.773
58	-0.244	-0.830
59	-0.257	-0.820
60	-0.249	-0.855
61	-0.281	-0.865
62	-0.244	-0.905
63	-0.250	-0.892
64	-0.223	-0.825
65	-0.156	-0.700
66	-0.108	-0.611
67	-0.016	-0.536
68	0.036	-0.408
69	0.063	-0.325
70	0.147	-0.227
71	0.184	-0.052
72	0.250	0.064
73	0.331	0.181
74	0.159	0.262
75	0.046	0.290
76	-0.015	0.272

Maksymalna odchyłka w osi X wynosi - MAX X = WARTOSC ABSOLUTNA .897
Maksymalna odchyłka w osi Z wynosi - MAX Z = WARTOSC ABSOLUTNA 1.228

Sprawdzenie dokładności odtwarzania toru w ruchu po linii prostej dla robota IRp-6

Błąd odchylenia od linii prostej [pomiar ciągły]

DATA BADANIA 09-26-1990

SZYBKOSC = 20 cm/s

=====			
I	I	I	
L	P	X	Z
		kanal 11	kanal 12
I	I	I	
=====			
1	-0.043	0.251	
2	-0.072	0.221	
3	-0.078	0.218	
4	-0.076	0.227	
5	-0.070	0.239	
6	-0.065	0.248	
7	-0.298	-0.096	
8	-0.735	-0.846	
9	-0.721	-1.102	
10	-0.725	-1.121	
11	-0.837	-1.179	
12	-0.964	-1.284	
13	-1.043	-1.340	
14	-1.067	-1.292	
15	-1.063	-1.231	
16	-1.061	-1.074	
17	-1.038	-0.905	
18	-0.974	-0.756	
19	-0.907	-0.594	
20	-0.810	-0.506	
21	-0.695	-0.415	
22	-0.451	-0.408	
23	-0.194	-0.454	
24	-0.110	-0.455	
25	-0.123	-0.440	
26	-0.127	-0.417	
27	-0.122	-0.394	
28	-0.117	-0.383	
29	-0.113	-0.383	
30	-0.071	-0.354	
31	0.315	-0.158	
32	0.591	-0.170	
33	0.584	-0.307	
34	0.459	-0.474	
35	0.346	-0.623	
36	0.282	-0.716	
37	0.253	-0.778	
38	0.233	-0.828	
39	0.214	-0.849	
40	0.235	-0.859	
41	0.283	-0.718	
42	0.345	-0.479	
43	0.435	-0.248	
44	0.546	0.012	
45	0.582	0.326	
46	0.308	0.316	
47	0.097	0.312	

Maksymalna odchyłka w osi X wynosi - MAX X = WARTOSC ABSOLUTNA 1.067

Maksymalna odchyłka w osi Z wynosi - MAX Z = WARTOSC ABSOLUTNA 1.34

SUM-R



PRZEMYSŁOWY INSTYTUT
AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP
Al. Jerozolimskie 202
02-222 Warszawa

Stanowiska do badania robotów przemysłowych

PRZEZNACZENIE

Stanowiska badawcze, przedstawione poglądowo na rys. 1, są przeznaczone do prowadzenia badań robotów przemysłowych prostych i złożonych o sterowaniu PTP i CP.

Stanowiska są szczególnie przydatne dla producentów robotów przemysłowych do oceny egzemplarzy prototypowych i seryjnych:

- przy każdorazowym uruchamianiu produkcji,
- w przypadku wprowadzenia zmian konstrukcyjnych i technologicznych lub materiałowych, mogących mieć wpływ na właściwości robota,
- w przypadku reklamacji ze strony użytkownika.

Stanowiska zapewniają mechanizację i automatyzację badania robotów przemysłowych w zakresie następujących parametrów:

- ☐ głównych wymiarów, przestrzeni roboczej, położenia zerowego,
- ☐ powtarzalności pozycjonowania statycznego i dynamicznego,
- ☐ dokładności odtwarzania zaprogramowanego toru ruchu,
- ☐ sztywności stopni swobody części manipulacyjnej,
- ☐ prędkości i przyspieszenia,
- ☐ czasu rozruchu i hamowania,
- ☐ napięć prądnic tachometrycznych układów napędowych,
- ☐ prądów silników napędowych.

Zwarta konstrukcja pozwala na elastyczne tworzenie układów pomiarowych, sterujących i sygnalizujących.

Na stanowisku SUM-R można wykonać automatyczną rejestrację i wizualizację wyników pomiarów innych parametrów przy użyciu aparatury wyposażonej w interfejs IEEE 488 (IEC 625), RS232C (V24), 8255, BCD lub wyjście analogowe.

Uniwersalność zastosowanych urządzeń i aparatury pomiarowej pozwala rozwiązywać różne problemy badawcze.

12

BUDOWA

Stanowiska badawcze (rys. 1) są zbudowane z uniwersalnych elementów i modułów. Pozwala to na zestawienie stanowisk pomiarowych w różnych konfiguracjach, zależnie od gabarytów robota, wielkości strefy roboczej i typu badanego robota. Częścią centralną stanowisk badawczych jest stanowisko SUM-R, które składa się z zestawu aparatury i urządzeń zainstalowanych na stojaku w standardzie 19". Stojak wyposażony jest w zespół jezdny, co umożliwia łatwe przemieszczanie stanowiska. Zestaw aparatury i urządzeń tworzy system urządzeń mikroprocesorowych współpracujący z mikrokomputerem IBM-PC/AT. Stanowisko SUM-R wyposażone jest w zespół sterowania i sygnalizacji oraz w zespół obwodów zewnętrznych i zabezpieczeń. Zespół obwodów zewnętrznych i zabezpieczeń umożliwia podłączenie 8 barier optycznych oraz obwodu STOP AWARYJNY lub STOP SYSTEMU z układu sterowania badanego robota. Do zespołu przyłączane jest stanowisko do zadawania i pomiaru siły. Zespół sterowania i sygnalizacji wyposażony jest w przyciski podświetlane, źródło sygnału dźwiękowego oraz w licznik impulsów elektrycznych do zliczania cykli pracy robota przy wyłączonym stanowisku. Urządzenia i aparatura pomiarowa zasilane są z podzespołu gniazd sieciowych, załączanego i wyłączanego odpowiednim przyciskiem z kluczykiem (stacyjką).

W skład stanowisk badawczych wchodzi również:

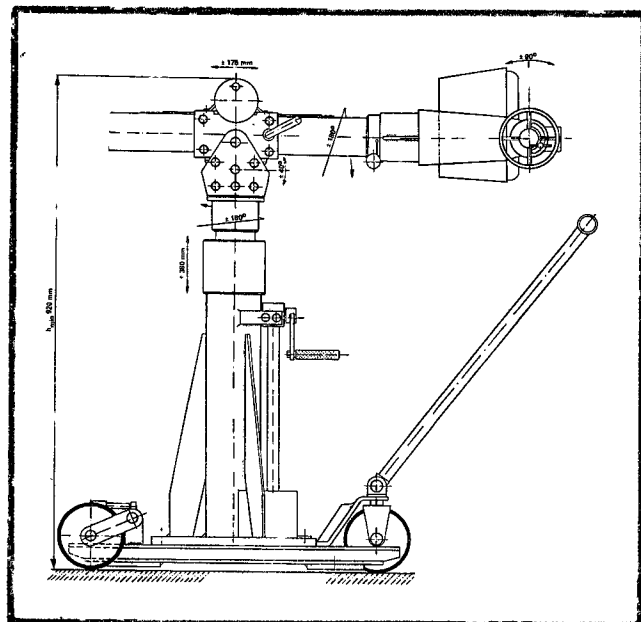
- stanowisko pomiarowe I – do badania głównych wymiarów, przestrzeni roboczej i powtarzalności położenia zerowego części manipulacyjnej robota,
- stanowisko pomiarowe II – do badania powtarzalności pozycjonowania statycznego i dynamicznego,
- stanowisko pomiarowe III – do badania sztywności stopni swobody części manipulacyjnej robota,
- zestaw głowic pomiarowych (rys. 2):
 - głowice do pomiaru siły GP-1F/0.5, GP-1F/5(10),
 - głowice do pomiaru przemieszczenia GP-1L, GP-2L, GP-3L,
 - głowica do pomiaru przyspieszenia GP-3G,
- autonomiczne wizyjne urządzenie pomiarowe WZP-1 z głowicą pomiarową GP-2W1L do badania dokładności odtwarzania zaprogramowanego toru ruchu.

Segmenty sztucznej podłogi o wymiarach 1000 x 1000 mm są mocowane sztywno do podłogi i stanowią bazę do sztywnego zamocowania stanowisk pomiarowych w wybranym miejscu przestrzeni roboczej.

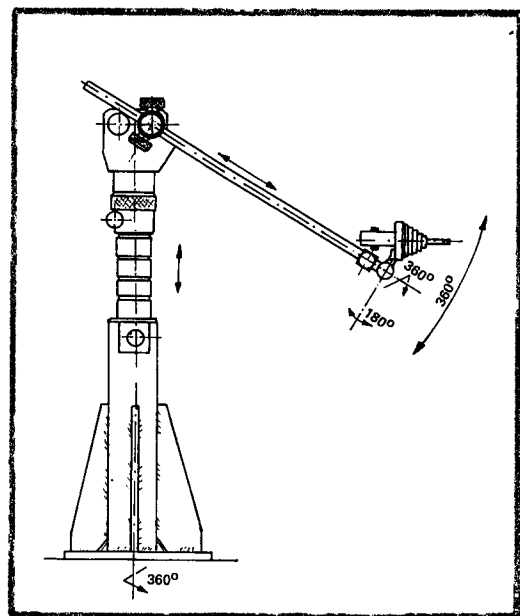
ZASADA DZIAŁANIA

Zestaw aparatury i urządzeń na stojaku oraz mikrokomputer IBM-PC/AT posiadają pełną konfigurację i nie są wymagane przełączenia na złączach podczas wykonywania badań robota. Układ sterowania badanego robota przyłączony jest do stanowiska SUM-R poprzez dwustawne układy wejściowe i wyjściowe z separacją galwaniczną. Mikrokomputer nadrzędny IBM-PC/AT steruje pracą zespołu zadawania siły, uruchamia odpowiedni podprogram użytkowy badanego robota, komunikuje się z mikrokomputerem MSA-3100 oraz rejestruje, przetwarza i wyprowadza wyniki na monitor, drukarkę, ploter.

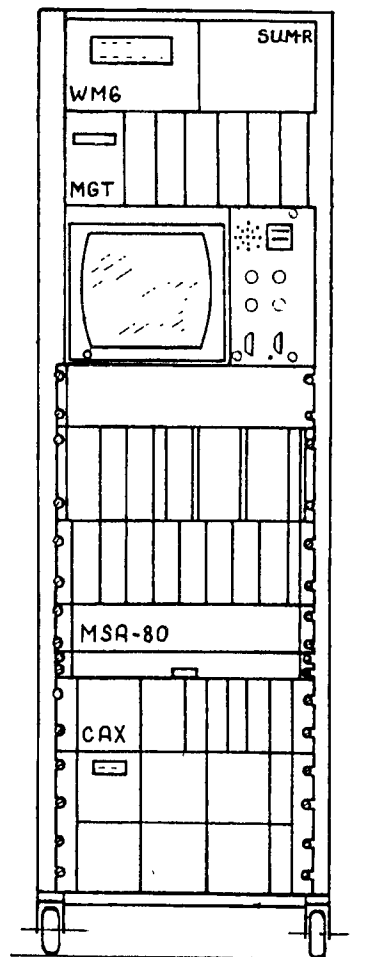
Dla każdego typu robota przemysłowego opracowany jest program użytkowy zapisany na 2 kasetach (max 16 podprogramów na jednej stronie kasy). Program użytkowy zawiera pełny zestaw podprogramów sekwencji ruchów robota dla sprawdzeń wykonywanych zgodnie z wymaganiami określonymi w obowiązujących normach. Realizacja podprogramów użytkowych rozpoczyna się i kończy od położenia zerowego części manipulacyjnej.



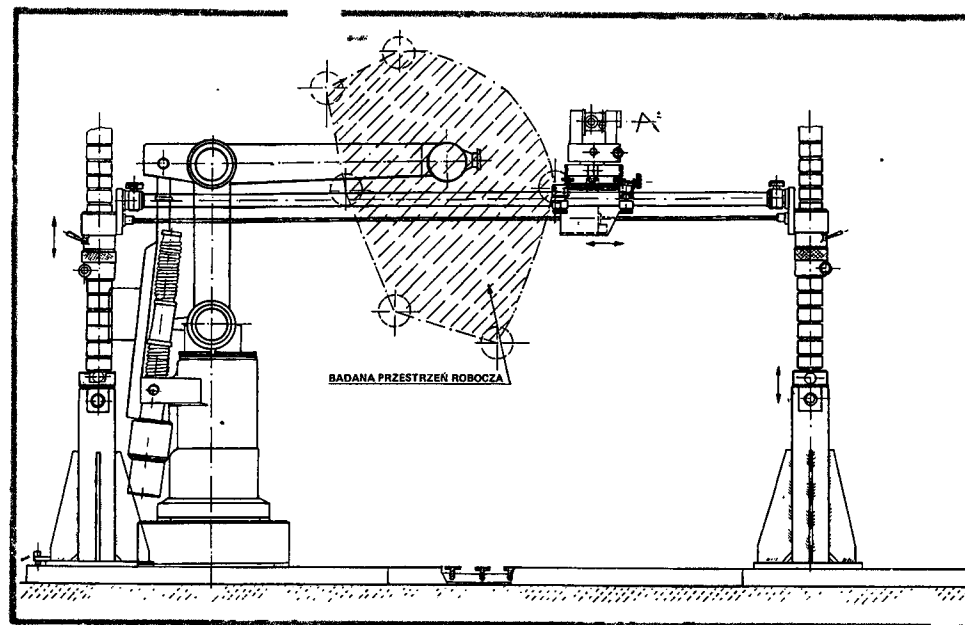
Stanowisko pomiarowe III



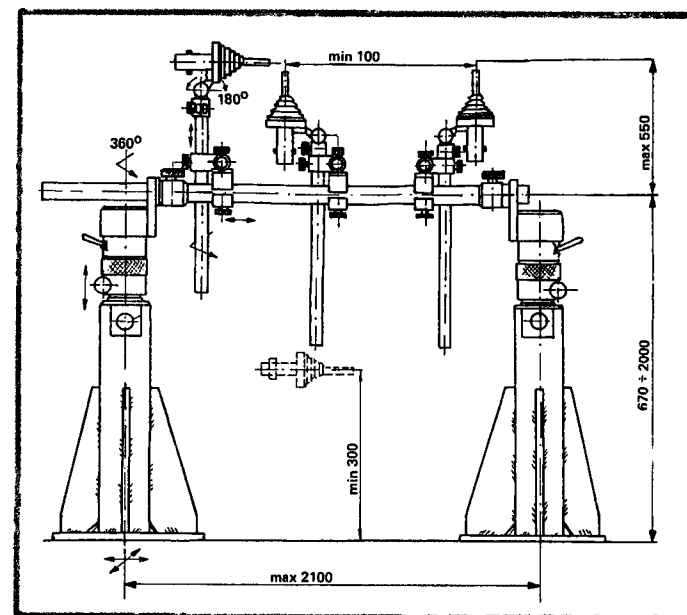
Stanowisko pomiarowe II a



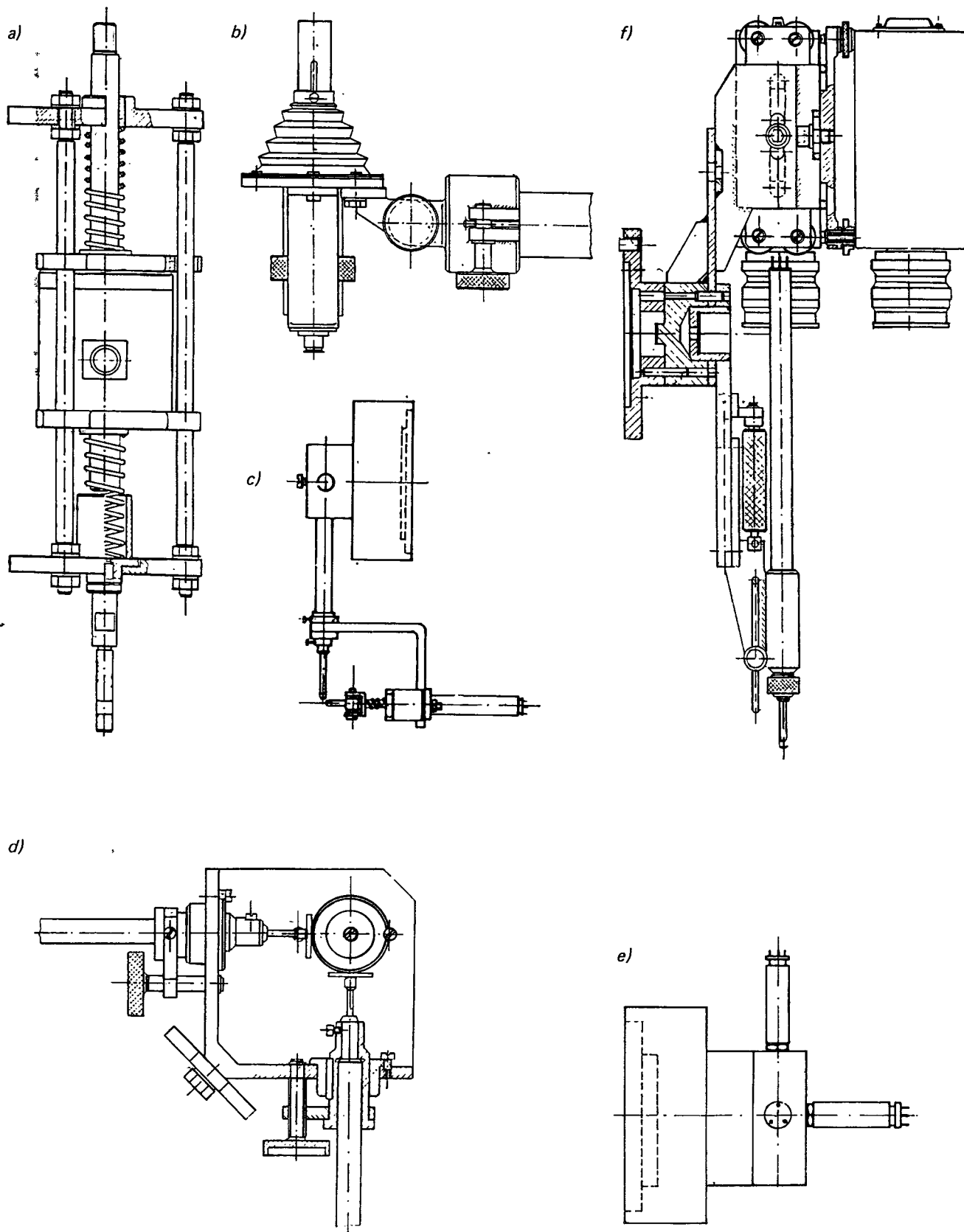
Zestaw aparatury i urządzeń
na stojaku SUM-R



Stanowisko pomiarowe I



Stanowisko pomiarowe II b



Rys. 2. Zestaw głowic pomiarowych: a) GP-1F/05, b) GP-1L, c) GP-2L, d) GP-3L, e) GP-3G
 f) urządzenie WZP-1 z głowicą GP-2W1L.

System SUM—R dla IBM—PC/AT jest otwarty, tzn. zapewnia możliwość rozbudowy oprogramowania dla nowych typów robotów i nowych sprawdzeń. Zarządzanie zasobami programowymi odbywa się poprzez system rozwijanych menu, zapewniający szybki i jednoznaczny dostęp do poszukiwanego oprogramowania. System umożliwia wybór typu robota, typu sprawdzenia oraz wizualizację (z możliwością uzupełnienia danych):

- druku zawierającego informację o przedmiocie badań (robocie),
- druku zawierającego informację o warunkach sprawdzenia,
- druku zawierającego informację o środowisku,
- protokołu sprawdzenia,
- protokołu z badań.

Wszystkie programy obsługi poszczególnych sprawdzeń przywołują odpowiednie arkusze, które ilustrują:

- położenie płaszczyzn i punktów pomiarowych,
- konfigurację stopni swobody (ramion),
- typy obciążników,
- typy głowic pomiarowych,
- plansze pomiarowe,
- układy pomiarowe.

Wszystkie programy obsługi poszczególnych sprawdzeń działają w trybie interakcyjnym i są programami samoopisującymi się.

OGÓLNE DANE TECHNICZNE

STANOWISKO SUM—R:

● zestaw pomiarowy CAX1002/1020:

- wzmacniacz mostkowy CAX1002

fala nośna	5 kHz
napięcie zasilania czujników	1,2 lub 5 V
zakresy napięć wejściowych	0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000 (mV)
płynna regulacja wzmocnienia	+10 ÷ −60%
nieliniowość	0,1%
liczba kanałów	6
- czujniki pomiarowe do CAX1002

△ do pomiaru siły TSt	0,5 kN ÷ 10 kN
△ do pomiaru ciśnienia TCWt	0,5 MPa ÷ 10 MPa
sygnał wyjściowy	1,0 mV/V ± 0,1%
pasmo błędów	± 0,2%
△ do pomiaru przyspieszenia B12	± 200 m/s ²
sygnał wyjściowy	80 mV/V
klasa	0,2
- wzmacniacz CAX1020

zakres pomiaru temperatury	−100 ÷ 500°C
sygnał wyjściowy	5 V/100°C
błąd linearyzacji	max 0,2%
liczba kanałów	6

— czujnik pomiarowy do CAX1020

do pomiaru temperatury	OP2530 1 x Pt100	−200 ÷ +550°C
klasa dokładności		1

● kaseta wzmacniaczy pomiarowych izolacyjnych AMP ISL 1 kV 5

dopuszczalne napięcie wejściowe	max ± 35 V
dopuszczalne napięcie izolacji	min 1500 Vr ms
rodzaj wejścia	asymetryczne
nominalny sygnał wyjściowy	± 10 V
zakresy zmian wzmocnienia	1, 5, 10, 50, 100, 500 V/V
nieliniowość wzmocnienia	max 0,1%
liczba kanałów	6

— zestaw rezystorów pomiarowych RW2006

do pomiaru prądu	do 35 A
klasa	1

● miernik MGT4—233.C6

fala nośna	5 kHz
napięcie zasilania czujników	2,5 V ± 3%
okres próbkowania	40 ms
klasa dokładności	0,2
liczba kanałów	8
interfejs	IEEE 488, RS232

- zestaw czujników do MGT4-233.C6
do pomiaru przemieszczenia W1T3,
W5TK, W10TK, W20TK $\pm 1 \text{ mm} \div \pm 20 \text{ mm}$
napięcie zasilania 2,5 V $\pm 5\%$
klasa 0,2

● miernik WMG10

zakres pomiaru przemieszczenia $\pm 10 \text{ m}$
dokładność pomiaru 10 μm

— czujnik WID1-10 do WMG10

do pomiaru przemieszczenia
z prowadnicą W/GS2000 2000 mm
napięcie zasilania $\pm 7,5 \text{ V}$
max prędkość przesuwu 15 m/s
klasa dokładności 0,025

● zestaw mikrokomputera pomiarowego MSA-80.3100

procesor 8080A
pamięć operacyjna RAM 62 KB
pamięć RAM DISC 180 KB
liczba napędów dyskowych MF180 2
interfejs szeregowy RS-232C
oprogramowanie MICROS, OS/M

● kaseta z pakietami sprzęgającymi MSA-80

ZESTAW MIKROKOMPUTERA IBM-PC/AT

procesor 80286
pamięć operacyjna RAM 3 MB
dysk twardy 20 MB
mechanizm dysku elastycznego 1,2 MB
karta monitora Herkules
karta interfejsu IEEE 488, 4xRS232C
82551/0
LC8255-2
karta przetwornika
AC/CA 12 bit LC-011-1612

● wizyjne urządzenie pomiarowe WZP-1

procesor 80386
pamięć programu EPROM 4 KB
pamięć danych RAM 2 KB
interfejs V 24, 8255

- głowica GP-2W1L do urządzenia WZP-1
kamera CCD typ KL256 2 szt.
rozdzielczość 256 pkt
czas naświetlania 0,5 $\div$ 100 ms
obiektyw Teridon 1,8/16

STANOWISKO POMIAROWE I

zakres pomiaru przemieszczenia 1600 mm
dokładność pomiaru przemieszczenia 0,01 mm
minimalna wysokość lunety 1350 mm
maksymalna wysokość lunety — 2000 mm
minimalna odległość ostrego widzenia 1800 mm
dokładność pomiaru kąta 6"

STANOWISKO POMIAROWE II

wymiary przestrzeni roboczej
wysokość 300 mm $\div$ 2550 mm
długość 1940 mm
szerokość 1500 mm
obrot służy kolumny 360°
wysuw skokowy służy kolumny 40 mm
wysuw płynny służy kolumny 45 mm

STANOWISKO POMIAROWE III

maksymalna wysokość
do osi obrotu siłownika 1600 mm
minimalna wysokość
do osi obrotu siłownika 650 mm
obrot siłownika
wokół osi podnośnika 360°
obrot prowadnicy poziomej $\pm 40^\circ$
przesuw prowadnicy poziomej $\pm 175 \text{ mm}$
siła osiowa siłownika max 6300 N
skok roboczy siłownika 50 mm
prędkość posuwu sworzni 25 mm/s

Zastrzega się możliwość zmian konstrukcyjnych.



**PRZEMYSŁOWY
INSTYTUT
AUTOMATYKI
I POMIARÓW
MERA-PIAP**