

NIE UDOSTĘPNIAC' →

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

Ośrodek Badań Niezawodności i Jakości

074

Centralna Stacja Prób

A

**Główny wykonawca**

**Wykonawcy** mgr inż. inż. K.Wojda, A.Sawicki, E.Trepczyński,  
tech.tech. W.Czarnecki, Z.Leszczczyński, H.Michniewicz.

**Konsultant**

**Nr zlecenia**

UR-01.02.05

Modyfikacja mechanizmów przenoszących  
napęd ramion robota IRb-60.  
etap 4  
Badania prototypu.

**Zleceniodawca**

ppblem węzłowy 06.6

**Pracę rozpoczęto dnia** 85.01.20

Kierownik CSP

p.o.Z-cy Dyrektora  
d/s Automatyki

mgr inż. E.Trepczyński

dr inż. T.Gałązka

**zakończono dnia** 85.03.30

Kierownik OBN

dr inż. St.Budzyński

**Praca zawiera:**

stron - 5

rysunków - 5

fotografii

tabel - 8

tablic

załączników - 4

**Rozdzielnik - ilość egz:**

Egz. 1 BOINTE

Egz. 2 OAM

Egz. 3 OBN

Egz. 4 OAM

Egz. 5

Egz. 6

Nr rejestr. 5402

1

### Analiza deskrypcyjowa

ROBOTY PRZEMYSŁOWE IRb + MODYFIKACJA MECHANIZMOW PRZENOSZĄCYCH NAPĘD  
RAMION ROBOTA.

### Analiza dokumentacyjna

Praca zawiera wyniki badań prototypu zmodyfikowanych mechanizmów  
przenoszących napęd ramion robota IRb-60.

### Tytuły poprzednich sprawozdań

338.45:62/69].002.1/2 Roboty przemysłowe

UKD

PIAP-252/82-6000

## 1. Przedmiot i zakres badań

Badaniom został poddany zmodyfikowany napęd ramion robota w osiach  $\alpha$  i  $\theta$  wykonany wg rys. nr P-YB-121001-BH/M zamontowany w robocie IRb-60 nr fabr. 1/84. Zakres badań został określony korespondentką OAM/121/676/84 i obejmował sprawdzenie zgodnie z ZN-82/MERA-018/226:

- oględziny
- spr. działania
- spr. serwomechanizmów
- spr. powtarzalności pozycjonowania
- spr. sztywności
- spr. poboru mocy

## 2. Dokumenty stanowiące podstawę badań

- Norma Zakładowa ZN-82/MERA-018/226
- Korespondentka OAM/121/676/84 z dn. 84.11.29.

## 3. Aparatura użyta do badań

- rejestrator Hellige T-8-50-968
- opornik dekadowy PN-5339
- " " " PN-6035
- " " " PN-7510
- zasilacz typu 5353 nr T-8-50-1944
- czujnik fotooptyczny.

## 4. Zakres przeprowadzonych prób

- oględziny
- spr. działania
- spr. serwomechanizmów
- spr. sztywności
- spr. powtarzalności pozycjonowania
- spr. poboru mocy.

## 5. Wyniki badań

### 5.1. Oględziny

Robot został zmontowany zgodnie z dokumentacją nr rys. P-YB-121001-BH/M, przeszedł badania niepełne /protokoł ZD 195/84/.

Podczas oględzin w OBN nie stwierdzono uszkodzeń mechanicznych robota.

## 5.2. Sprawdzenie działania /pełne/ robota

Sprawdzenie działania /pełne/ wykonano dla kompletnego robota IRb-60 wg instrukcji testowania P-6397001-AD łącznie ze 150 h próbą stałości parametrów. Robot przepracował 150 h realizując prawidłowo zadany program.

## 5.3. Sprawdzenie serwomechanizmów

Badanie serwomechanizmów wykonano zgodnie z p. 4.2.8 ZN-82/MERA-018/226 dla osi  $\alpha$  i  $\ominus$  rejestrując przebieg napięcia prądnic tachometrycznej podczas pracy w reżimie AUTO robota nieobciążonego.

Robot był tak zaprogramowany aby pomiary dla poszczególnych osi odbywały się przy powtarzalnych ruchach tej osi w kierunku dodatnim i ujemnym w całym zakresie z maksymalną prędkością. Z uzyskanych wykresów określono czasy przyspieszeń i opóźnień oraz przeregulowanie prędkości i amplitudy oscylacji sygnału prędkościowego.

### 5.3.1. Sprawdzenie maksymalnych prędkości robota

Wartość maksymalnej prędkości określono dla osi  $\alpha$  i  $\ominus$  dla robota nieobciążonego metodą bezpośrednią zgodnie z p.4.2.8.1 ZN.

Wyniki podano w tabeli nr 1.

Maksymalna prędkość jest zgodna z wymaganiami ZN.

### 5.3.2. Sprawdzenie przyspieszeń i opóźnień

Sprawdzenie wykonano zgodnie z p.4.2.8.3 ZN. Z zarejestrowanych wykresów przebiegów napięcia prądnic tachometrycznej odczytano dla osi  $\alpha$  i  $\ominus$

a/ czas, po upływie którego napięcie prądnic tachometrycznej osiągnie 63 % wartości napięcia w stanie ustalonym od momentu rozpoczęcia ruchu /tp/

b/ czas, po upływie którego napięcie prądnic tachometrycznej osiąga 37 % wartości napięcia w stanie ustalonym od momentu rozpoczęcia hamowania /th/.

Wykresy przebiegów przedstawiono w załącznikach nr 1 i 2, wartości czasów tp i th w tabeli nr 2.

Dla osi  $\alpha$  - czasy tp są mniejsze, dla obydwu kierunków ruchu, od wymaganych ZN,  
- czasy th mieszczą się w granicach dopuszczalnych ZN

Dla osi  $\ominus$  - czasy tp są mniejsze, dla obydwu kierunków ruchu, od wymaganych ZN,  
- czasy th mieszczą się w granicach dopuszczalnych ZN.

### 5.3.3. Sprawdzenie maksymalnego przeregulowania prędkości

Sprawdzenie wykonano zgodnie z p.4.2.8.2 ZN określając maksymalne przeregulowanie z wykresów przebiegu napięć prądnicy tachometrycznej /zał.1 i 2/. Nie stwierdzono przeregulowania prędkości.

### 5.4. Sprawdzenie sztywności

Sprawdzenie wykonano obciążając robota w dodatnim i ujemnym kierunku osi  $\odot$  i w kierunku dodatnim osi  $\odot$  robota momentem o wartości od zera do maksymalnego.

Do pomiaru zmiany położenia osi robota /odchylenie od położenia przy obciążeniu zerowym/ użyto czujników zegarowych o zakresie do 10 mm i działce elementarnej 0,01 mm. Pomiaru wykonano trzykrotnie dla każdej osi.

Wyniki pomiarów dla poszczególnych osi podano w tabelach nr 5 + 7. Zestawienie średnich wartości przesunięć /szybkości/ podano w tabeli nr 8.

Przyjęte oznaczenia w tabelach:

M /Nm/ - moment obciążający robota

$B_{\text{sr}}$  -/mm,rad/ - średnia wartość przesunięć

$B_{1,2,3}$  /mm,rad/ - pomierzona wartość przesunięć.

Dla osi  $\odot$  i  $\odot$  średnie wartości przemieszczenia dla przyjętych do badań kierunków oraz 10 % i 100 % obciążeń mieszczą się w granicach dopuszczalnych ZN.

### 5.5. Badania powtarzalności pozycjonowania

Badania wykonano zgodnie z p.4.2.10. ZN dla pięciu osi robota.

Średnia prędkość ruchu wynosiła 75 % a prędkość najazdu na punkty pomiarowe 1,5 % prędkości maksymalnej. Robota obciążono ciężarem 60kg a pomiary dokładności pozycjonowania wykonywano przy użyciu czujnika zegarowego o zakresie 10 mm i działce elementarnej 0,01 mm.

Pomiary wykonano dla 120 cykli licząc od rozpoczęcia pracy przez robota, tj. przez 12 h /czas jednego cyklu 6 min/.

Wyniki pomiarów podano w tabeli nr 4 oraz na wykresach 1-5.

Powtarzalność pozycjonowania /dla 70 cykli roboczych/ mieści się w granicach określonych ZN.

Po zakończeniu w/w badań podczas oględzin robota stwierdzono znaczne zdeformowanie śruby kulowej w osi  $\alpha$ . Postanowiono śrubę kulową wymienić i przeprowadzić dodatkowe badania.

## 6. Badania dodatkowe

### 6.1. Badanie przyspieszeń i opóźnień

Badania wykonano jak w p.5.3.2 nin. sprawozdania. W trakcie badań stwierdzono głośną pracę robota spowodowaną luzem na wypuście hamulca osi  $\ominus$ .

Usterkę usunięto. Wyniki sprawdzeń podano w tabeli 3, a przebiegi w załączniku nr 3 i 4.

Dla osi  $\alpha$  - czasy  $t_p$  i  $t_h$  są mniejsze, dla obydwu kierunków ruchu, od wymaganych w ZN,

dla osi  $\ominus$  - czasy  $t_p$  są mniejsze, dla obydwu kierunków ruchu, od wymaganych w ZN

- czasy  $t_h$  mieszczą się w granicach dopuszczalnych w ZN.

### 6.2. Próba 150 godzinna

Po uruchomieniu robot przepracował 15 h nastąpiło uszkodzenie silnika w osi  $\ominus$  i kabla spiralnego /złamanie sprężyny/.

Ze względu na niemożliwość usunięcia uszkodzeń robota /brak silnika do wymiany/ prowadzenie badań było niemożliwe.

## 7. Uwagi

7.1. Podczas pracy robota występowały stuki śruby osi  $\ominus$  i głośna praca silnika, którego temperatura /sprawdzona dotykiem ręki/ była wyższa od temperatur silników pozostałych osi.

7.2. Po przepracowaniu ok. 60 cykli w silnikach osi  $\cup$  i  $t$  pojawiły się słyszalne metaliczne dźwięki /skrzypienie/, które występowały do końca badań.

7.3. Przy ustawianiu czujników dla określenia dokładności pozycjonowania osi  $\cup$  i  $t$  po wprowadzeniu programu z kasy do pamięci robota i naciśnięciu przycisków "AUTO" i "START PROGRAMU" robot nie doszedł do punktu pomiarowego dla osi  $\psi$  /ok. 100 m/; analogiczne przesunięcie było dla osi  $\ominus$  i  $\alpha$ . Robota wyłączono i ponownie wprowadzono do pamięci program z kasy, po włączeniu robota zjawisko niedochodzenia do punktów pomiarowych nie powtórzyło się.

7.4. Po przeprowadzeniu 1-szej serii badań nastąpiło znaczne zdeformowanie śruby kulowej w osi  $\alpha$ . Przyczyny deformacji nie ustalono.

7.5. Podczas badań wystąpiły /poza przypadkiem opisanym w p.7.3/ trudności wczytywania do pamięci robota programów użytkowych.

## 8. Orzeczenie

W zakresie przeprowadzonych sprawdzeń parametry robota IRb-60 z prototypem zmodyfikowanego mechanizmu przenoszącego napęd ramion robota są zgodne z wymaganiami ZN-82/MERA-018/226 z wyjątkiem:

- dla osi  $\mathcal{L}$  i  $\mathcal{O}$  czasy  $t_p$  są mniejsze dla obydwu kierunków ruchu /również po wymianie śruby kulowej w osi  $\mathcal{L}$  /.

Tabela nr 1

Rodzaj członek = 05	Max prędkość ruchu [m/s]	Max prędkość ruchu wg EN [min wartość Vmax] [m/s]
$\alpha$	0,98	1,5
$\beta$	0,80	1,0



Tabela nr 2

Rodzaj członu-os	Czas osiągnięcia 63% prędkości max	Czas spadku $V_{max}$ do 37% $V_{max}$	Wartości dopuszczalne wg Z.N	
	$t_p$ [s]	$t_n$ [s]	$t_p$ [s]	$t_n$ [s]
$\Delta$	- 0,19	- 0,45	- 0,30	- 0,47
	+ 0,22	+ 0,40	+ 0,47	+ 0,47
0	- 0,23	- 0,48	- 0,28	- 0,48
	+ 0,23	+ 0,45	+ 0,42	+ 0,43

Tabela nr 3.

Rodzaj członu - 05	Czas osiągnięcia 63% prędkości max	Czas spadku $V_{max}$ do 37% $V_{max}$	Wartości dopuszczalne wg ZN	
	$t_p$ [s]	$t_h$ [s]	$t_p$ [s]	$t_h$ [s]
$\Delta$	- 0,18 + 0,28	- 0,46 + 0,50	- 0,30 + 0,47	- 0,47 + 0,47
$\ominus$	- 0,23 + 0,20	- 0,44 + 0,48	- 0,28 + 0,42	- 0,48 + 0,43

Lp	os $\theta$	os $\alpha$	os $\varphi$	os $\varrho$	os $t$
	[mm]				
103	- 0,07	- 0,35	- 0,26	- 0,05	+ 0,17
104	- 0,03	- 0,36	- 0,26	- 0,06	+ 0,17
105	- 0,07	- 0,36	- 0,24	- 0,05	+ 0,14
106	- 0,07	- 0,37	- 0,23	- 0,04	+ 0,10
107	- 0,07	- 0,34	- 0,24	- 0,04	+ 0,06
108	- 0,06	- 0,32	- 0,26	- 0,05	+ 0,07
109	- 0,08	- 0,38	- 0,26	- 0,05	+ 0,07
110	- 0,05	- 0,37	- 0,28	- 0,05	+ 0,08
111	- 0,09	- 0,38	- 0,25	- 0,06	+ 0,06
112	- 0,06	- 0,38	- 0,27	- 0,05	+ 0,09
113	- 0,04	- 0,39	- 0,25	- 0,04	+ 0,08
114	- 0,08	- 0,39	- 0,25	- 0,04	+ 0,08
115	- 0,09	- 0,39	- 0,29	- 0,02	+ 0,02
116	- 0,08	- 0,41	- 0,31	- 0,05	+ 0,01
117	- 0,08	- 0,40	- 0,26	- 0,02	+ 0,03
118	- 0,09	- 0,40	- 0,26	- 0,06	+ 0,03
119	- 0,10	- 0,41	- 0,27	- 0,05	+ 0,05
120	- 0,11	- 0,41	- 0,27	0,00	+ 0,01

Lp	oš 0	oš α	oš φ	oš γ	oš t
	[mm]				
77	-0,09	-0,39	-0,24	-0,08	+0,01
78	-0,08	-0,40	-0,24	-0,08	+0,06
79	-0,10	-0,39	-0,27	-0,09	+0,11
80	-0,08	-0,40	-0,27	-0,08	+0,09
81	-0,08	-0,35	-0,25	-0,08	+0,09
82	-0,06	-0,35	-0,27	-0,09	+0,08
83	-0,07	-0,34	-0,26	-0,09	+0,12
84	-0,06	-0,35	-0,25	-0,06	+0,11
85	-0,07	-0,34	-0,25	-0,06	+0,06
86	-0,07	-0,33	-0,24	-0,08	+0,10
87	-0,06	-0,34	-0,26	-0,08	+0,11
88	-0,06	-0,33	-0,24	-0,07	+0,13
89	-0,05	-0,34	-0,24	-0,06	+0,10
90	-0,05	-0,34	-0,25	-0,07	+0,08
91	-0,06	-0,35	-0,24	-0,06	+0,12
92	-0,42	-0,34	-0,24	-0,07	+0,14
93	-0,06	-0,35	-0,27	-0,09	+0,11
94	-0,06	-0,35	-0,26	-0,11	+0,10
95	-0,05	-0,35	-0,24	-0,08	+0,11
96	-0,06	-0,36	-0,26	-0,10	+0,12
97	-0,06	-0,37	-0,28	-0,06	+0,10
98	-0,06	-0,36	-0,27	-0,08	+0,12
99	-0,05	-0,37	-0,31	-0,08	+0,13
100	-0,06	-0,35	-0,30	-0,12	+0,12
101	-0,06	-0,36	-0,28	-0,06	+0,18 <sup>12</sup>
102	-0,07	-0,36	-0,25	-0,09	+0,17

Lp	$\delta \theta$	$\delta \alpha$	$\delta \varphi$	$\delta \psi$	$\delta t$
	[mm]				
51	- 0,08	- 0,33	- 0,19	- 0,03	+ 0,07
52	- 0,07	- 0,34	- 0,23	- 0,03	- 0,01
53	- 0,07	- 0,34	- 0,25	- 0,07	+ 0,01
54	- 0,07	- 0,35	- 0,23	- 0,06	+ 0,02
55	- 0,07	- 0,30	- 0,21	- 0,04	+ 0,03
56	- 0,08	- 0,33	- 0,23	- 0,05	- 0,02
57	- 0,07	- 0,36	- 0,25	- 0,03	+ 0,03
58	- 0,07	- 0,36	- 0,22	- 0,03	+ 0,01
59	- 0,08	- 0,36	- 0,25	- 0,05	+ 0,01
60	- 0,08	- 0,36	- 0,23	- 0,05	+ 0,04
61	- 0,09	- 0,36	- 0,21	- 0,07	- 0,01
62	- 0,08	- 0,37	- 0,25	- 0,05	+ 0,00
63	- 0,07	- 0,36	- 0,21	- 0,05	+ 0,01
64	- 0,08	- 0,36	- 0,25	- 0,05	+ 0,06
65	- 0,12	- 0,35	- 0,26	- 0,06	- 0,02
66	- 0,08	- 0,36	- 0,24	- 0,07	+ 0,01
67	- 0,08	- 0,37	- 0,27	- 0,06	+ 0,09
68	- 0,07	- 0,37	- 0,25	- 0,06	+ 0,02
69	- 0,08	- 0,37	- 0,25	- 0,06	+ 0,04
70	- 0,05	- 0,37	- 0,25	- 0,04	+ 0,09
71	- 0,08	- 0,36	- 0,26	- 0,04	+ 0,02
72	- 0,08	- 0,38	- 0,23	- 0,06	+ 0,07
73	- 0,08	- 0,38	- 0,26	- 0,05	+ 0,10
74	- 0,08	- 0,35	- 0,24	- 0,05	+ 0,03
75	- 0,08	- 0,39	- 0,26	- 0,07	+ 0,05
76	- 0,09	- 0,40	- 0,26	- 0,07	+ 0,11

Lp	$\delta \theta$	$\delta \alpha$	$\delta \varphi$	$\delta \psi$	$\delta t$
	[mm]				
25	-0,05	-0,20	-0,20	-0,12	+0,07
26	-0,05	-0,21	-0,22	-0,13	-0,06
27	-0,06	-0,22	-0,23	-0,14	-0,02
28	-0,03	-0,23	-0,23	-0,11	-0,04
29	-0,02	-0,23	-0,23	-0,13	-0,08
30	-0,05	-0,23	-0,25	-0,13	-0,02
31	-0,06	-0,24	-0,21	-0,11	-0,06
32	-0,05	-0,24	-0,23	-0,13	-0,05
33	-0,06	-0,25	-0,21	-0,15	-0,04
34	-0,07	-0,26	-0,22	-0,02	-0,07
35	-0,07	-0,26	-0,23	-0,08	-0,08
36	-0,04	-0,27	-0,24	-0,04	-0,01
37	-0,07	-0,26	-0,23	-0,01	-0,07
38	-0,04	-0,27	-0,23	-0,04	-0,08
39	-0,06	-0,28	-0,24	-0,01	-0,03
40	-0,07	-0,29	-0,21	-0,03	-0,07
41	-0,06	-0,29	-0,25	-0,03	-0,02
42	-0,05	-0,30	-0,22	-0,04	-0,09
43	-0,05	-0,30	-0,21	-0,05	-0,03
44	-0,07	-0,31	-0,20	-0,02	-0,07
45	-0,07	-0,32	-0,20	-0,01	-0,07
46	-0,05	-0,32	-0,21	-0,03	-0,02
47	-0,04	-0,32	-0,20	-0,05	-0,05
48	-0,05	-0,32	-0,22	-0,08	-0,05
49	-0,07	-0,32	-0,21	-0,06	-0,00
50	-0,07	-0,33	-0,22	-0,05	0,00

# Badanie powtarzalności robota TRB-60

Tabela 4

Lp	oś θ	oś α	oś φ	oś ψ	oś t
[mm]					
1	+0,01	+0,02	+0,01	0,00	0,00
2	+0,04	+0,04	-0,08	+0,02	+0,01
3	+0,05	+0,02	-0,07	-0,05	+0,01
4	-0,05	-0,02	-0,13	-0,04	+0,05
5	+0,03	+0,01	-0,11	-0,06	+0,04
6	+0,04	-0,01	-0,12	-0,06	+0,02
7	+0,05	0,00	-0,11	-0,02	+0,03
8	+0,09	-0,02	-0,18	-0,08	-0,01
9	+0,08	-0,05	-0,14	-0,07	+0,03
10	+0,02	-0,06	-0,15	-0,06	-0,01
11	+0,05	-0,05	-0,14	-0,06	+0,01
12	+0,04	-0,07	-0,17	-0,07	+0,02
13	+0,12	-0,08	-0,18	-0,07	-0,01
14	+0,06	-0,08	-0,15	-0,06	-0,01
15	-0,05	-0,08	-0,17	-0,06	-0,03
16	0,00	-0,10	-0,17	-0,03	-0,04
17	+0,03	-0,10	-0,18	-0,06	-0,03
18	-0,01	-0,13	-0,17	-0,06	0,00
19	-0,02	-0,12	-0,14	-0,06	-0,04
20	-0,03	-0,16	-0,17	-0,08	-0,07
21	-0,02	-0,17	-0,20	-0,06	0,00
22	0,00	-0,18	-0,16	-0,05	-0,07
23	-0,04	-0,19	-0,15	-0,03	-0,03
24	-0,04	-0,20	-0,19	-0,01	-0,02
					15

# Pomiary sztywności osi + 0

Tabela 5

Lp	M	B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>śr</sub>	B <sub>śr</sub>
	Nm	mm	rad·10 <sup>3</sup>	mm	rad·10 <sup>3</sup>	mm	rad·10 <sup>3</sup>	mm	rad·10 <sup>3</sup>
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	276	0,39	0,49	0,36	0,45	0,36	0,45	0,37	0,46
3	438	0,70	0,88	0,65	0,81	0,64	0,80	0,66	0,83
4	600	0,96	1,20	0,95	1,19	0,92	1,15	0,94	1,18
5	761	1,27	1,59	1,21	1,51	1,20	1,50	1,23	1,54
6	923	1,58	1,98	1,52	1,90	1,53	1,91	1,54	1,93
7	761	1,56	1,95	1,48	1,85	1,50	1,88	1,51	1,89
8	600	1,53	1,91	1,45	1,81	1,44	1,80	1,48	1,85
9	438	1,24	1,55	1,15	1,44	1,14	1,43	1,18	1,48
10	276	0,84	1,05	0,81	1,01	0,75	0,94	0,80	1,00
11	0	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,016	0,02



# Pomiary sztywności osi - 0

Tabela 6

Lp	M	B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>śr</sub>	B <sub>śr</sub>
	Nm	mm	rad·10 <sup>3</sup>	mm	rad·10 <sup>3</sup>	mm	rad·10 <sup>3</sup>	mm	rad·10 <sup>3</sup>
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	276	0,35	0,44	0,39	0,49	0,39	0,49	0,38	0,48
3	438	0,68	0,85	0,65	0,81	0,64	0,80	0,66	0,83
4	600	0,95	1,19	0,94	1,18	0,93	1,16	0,94	1,18
5	761	1,28	1,60	1,17	1,46	1,17	1,46	1,21	1,51
6	923	1,64	2,05	1,46	1,83	1,41	1,76	1,50	1,88
7	761	1,62	2,03	1,40	1,75	1,40	1,75	1,47	1,84
8	600	1,56	1,95	1,42	1,78	1,35	1,69	1,44	1,80
9	438	1,24	1,55	1,19	1,49	1,10	1,38	1,18	1,48
10	276	0,89	1,11	0,81	1,01	0,74	0,93	0,81	1,01
11	0	0,14	0,18	0,04	0,05	0,00	0,00	0,06	0,08

# Pomiary sztywności osi $\alpha$

Tabela 7

Lp	M	$B_1$	$B_1$	$B_2$	$B_2$	$B_3$	$B_3$	$B_{sr}$	$B_{sr}$
	Nm	mm	rad·10 <sup>3</sup>	mm	rad·10 <sup>3</sup>	mm	rad·10 <sup>3</sup>	mm	rad·10 <sup>3</sup>
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	182	0,38	0,33	0,37	0,32	0,37	0,32	0,37	0,32
3	365	1,06	0,92	1,09	0,95	1,08	0,94	1,08	0,94
4	547	1,82	1,58	1,83	1,59	1,84	1,60	1,83	1,59
5	730	2,40	2,09	2,35	2,04	2,43	2,11	2,39	2,08
6	912	2,90	2,52	2,90	2,52	2,89	2,51	2,90	2,52
7	730	2,53	2,20	2,53	2,20	2,50	2,17	2,52	2,19
8	547	2,08	1,81	2,04	1,77	2,04	1,77	2,05	1,78
9	365	1,53	1,33	1,53	1,33	1,52	1,32	1,53	1,33
10	182	0,57	0,50	0,57	0,50	0,54	0,47	0,56	0,49
11	0	+0,04	0,03	-0,02	0,017	-0,02	0,017	0,03	0,026

18  
nr 5402

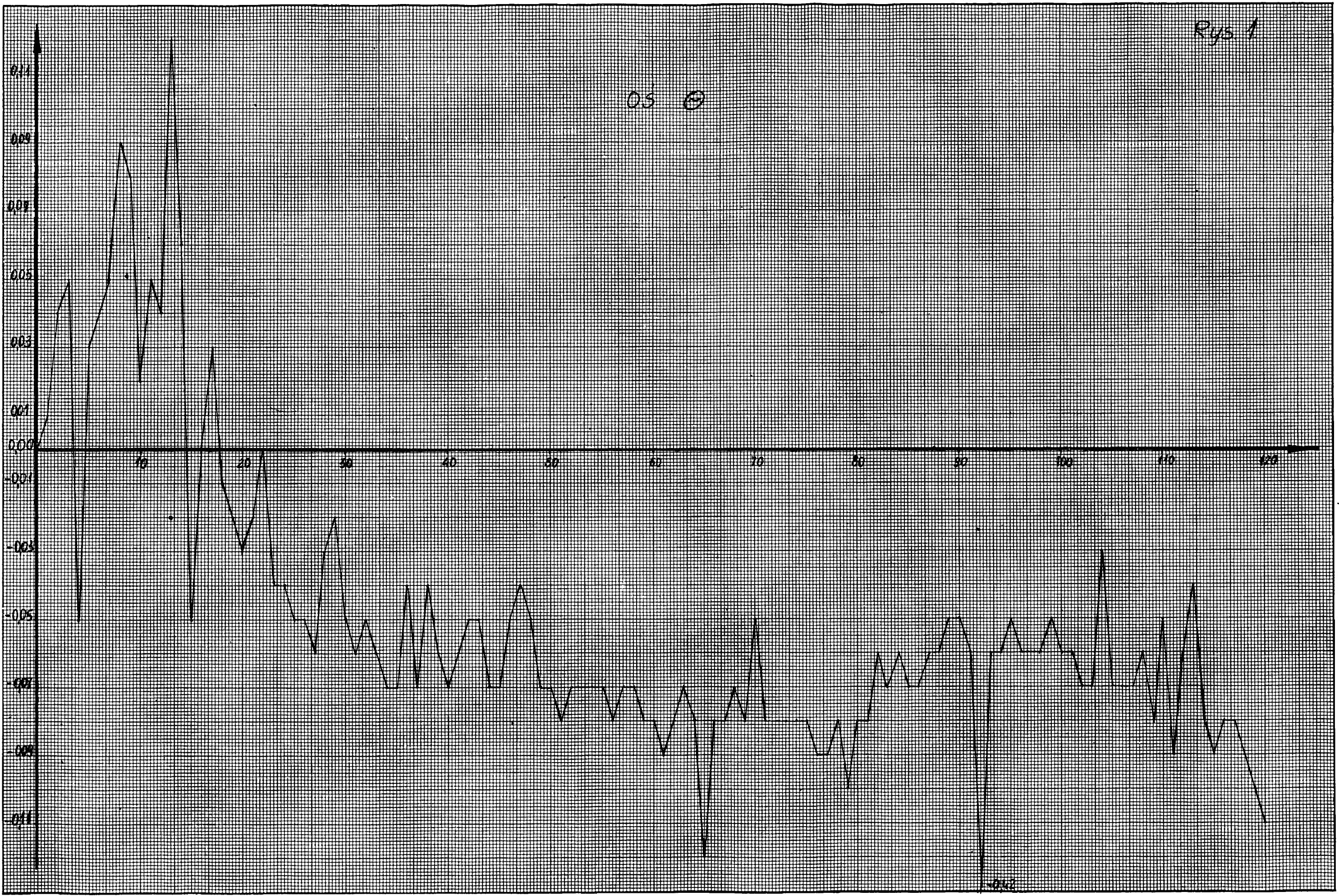
# Porównanie sztywności z wymaganiami ZN

Tabela 8

Przemieszczenia $[\text{rad} \cdot 10^{-3}]$						
Obciążenie	oś $\theta$					
	wg badań				wg ZN	
	oryginalny		zmodyfikowany		" + "	" - "
	" + "	" - "	" + "	" - "		
10%	0,17	0,14	0,14	0,28	0,50	0,40
100%	2,30	2,05	1,93	1,88	2,80	2,60
oś $\alpha$						
10%	0,16	—	0,15	—	0,30	0,50
100%	2,11	—	2,52	—	2,80	3,00

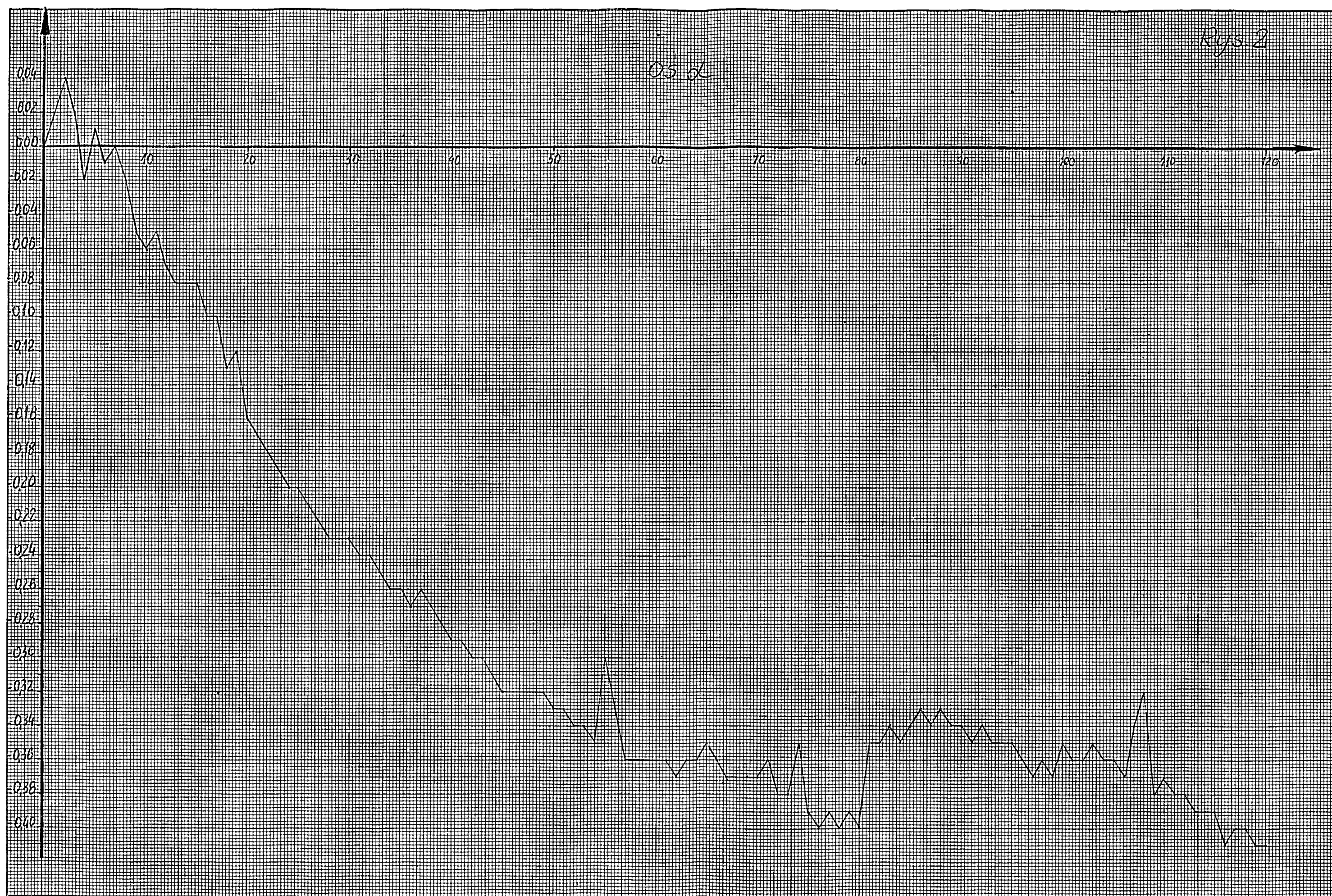
Rys 1

05 ⊕



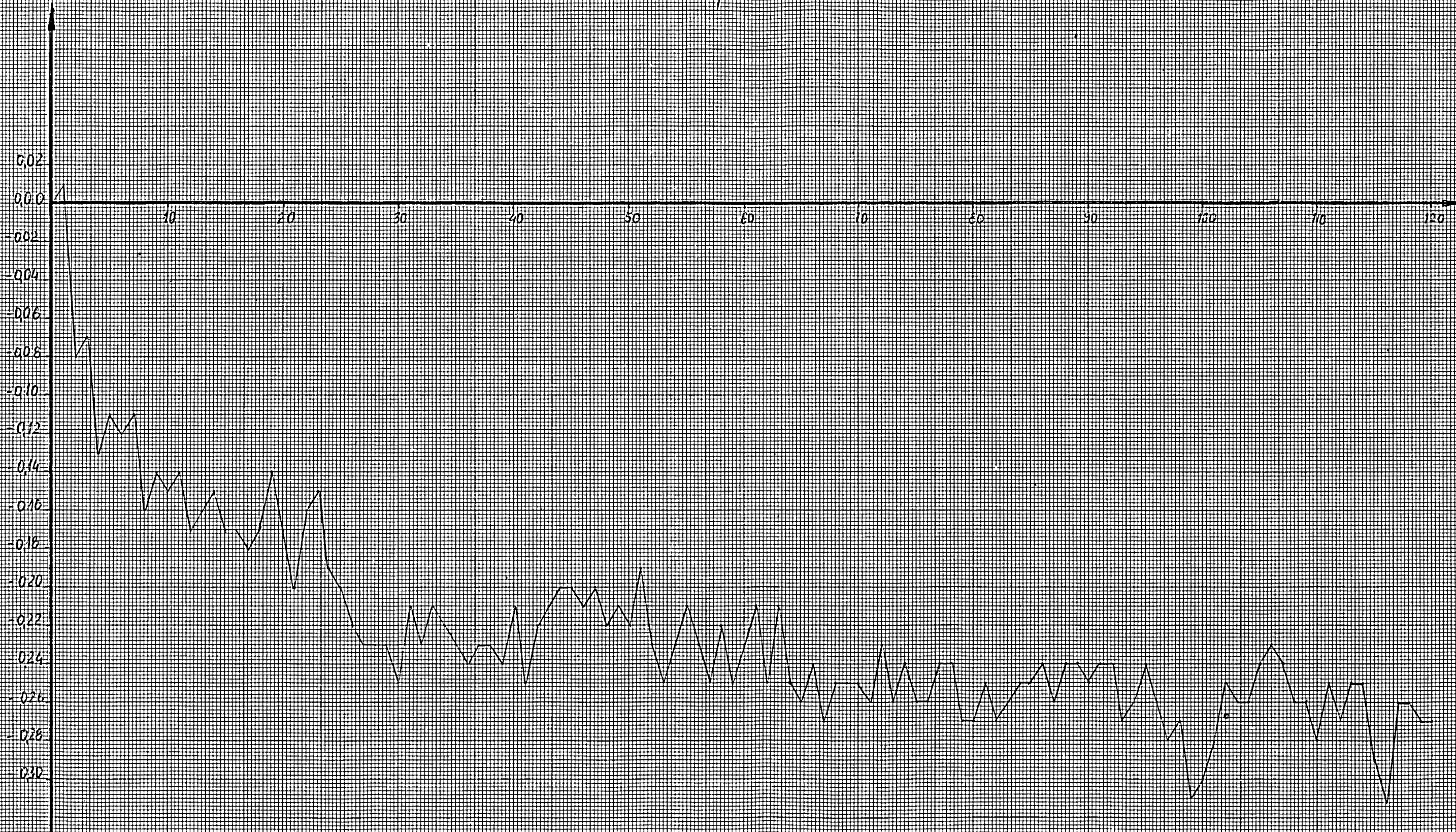
Rys. 2

0.5 α



Rys. 3

05 U



05 U

