

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

Ośrodek Badań Niezawodności i Jakości

Centralna Stacja Prób

Główny wykonawca

Wykonawcy dr inż. St. Budzyński, tech. tech. J. Zalewski, Wł. Szymański,
H. Michniewicz

Konsultant mgr inż. A. Jakubowski

Nr zlecenia
9504

Badania pełne 3 szt. prototypów hamulców
do robota IRb-60.

Zlecniodawca praca własna

Pracę rozpoczęto dnia 1.02.86

Kierownik CSP

mgr inż. E. Trepczyński

Z-ca Dyrektora
d/s Pomiarów

dr inż. J. Winiński

zakończono dnia 15.05.86

Kierownik OBN

dr inż. St. Budzyński

Praca zawiera:

stron 22

rysunków 1

fotografii

tabel

tablic

załączników

Rozdzielnik - ilość egz:

Egz. 1 BOINTE

Egz. 2 ORC

Egz. 3 OBN

Egz. 4 ORC

Egz. 5 ZD

Egz. 6

Nr rejestr. 5609

Analiza deskryptorowa

ROBOT IRb + HAMULEC + BADANIA PEŁNE PROTOTYPOW

Analiza dokumentacyjna

Sprawozdanie zawiera opis badań pełnych, wyniki pomiarów oraz orzeczenie.

Tytuły poprzednich sprawozdań

Opracowanie hamulca elektromagnetycznego do robota licencyjnego.

etap 4. Wykonanie 4 prototypów i ich badania laboratoryjne. nr rej. 5490.

1. Wstęp

1.1. Przedmiot i cel badań

Przedmiotem badań były 4 szt. prototypów hamulców elektromagnetycznych do robota przemysłowego IRb-60 o numerach 2,3,4,5.

Celem badań pełnych była ocena zgodności wykonania prototypów hamulców z wymaganiami projektu Normy ZN-85/MERA-018/253.

1.2. Dokumenty związane

Projekt Normy Zakładowej ZN-85/MERA-018/253 Hamulec elektromagnetyczny do robotów przemysłowych IRb-60.

1.3. Aparatura użyta do badań

- zasilacz stabilizowany Z3020
- dynamometr 0-500 G
- dynamometr 0-5 kG
- multimetr elektroniczny V-640
- stanowisko do sprawdzania momentów
- próbnik przebicia TP5S
- megaomierz induktorowy IMI
- komora klimatyczna VOTSCH
- robot przemysłowy IRb-60
- rejestrator UV
- stanowisko do badań sztywności.

1.4. Wykaz wykonanych badań

Badania wykonano w następującej kolejności:

- oględziny i spr. materiałów
- spr. rezystancji izolacji
- spr. wytrzymałości elektrycznej izolacji
- spr. głównych wymiarów
- spr. momentu hamowania

- spr. ugięcia zwory zespołu obrotowego
- spr. szczątkowej siły przyciągania
- spr. temperatury hamulca
- spr. poboru prądu
- spr. działania w warunkach obniżonej temperatury
- spr. działania w warunkach podwyższonej temperatury
- spr. wytrzymałości na suche gorąco
- spr. wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe
- spr. wytrzymałości na udary
- spr. działania w robocie IRb.

Powyższym badaniom poddano hamulce o nr nr 2, 3, 4. Zgodnie z ustaleniem z ORC dokonanych po analizie uzyskanych wyników w/w badań i decyzją DN wykonano badania dodatkowe zmodyfikowanego hamulca nr 5, które obejmowały następujące sprawdzenia:

- spr. momentu hamowania
- spr. szczątkowej siły przyciągania
- spr. poboru prądu
- spr. działania w robocie IRb
- spr. sztywności.

2. Wyniki badań

2.1. Warunki wykonywania badań;

- temperatura otoczenia - $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- wilgotność względna - nie większa niż 75 %
- napięcie stałe stabilizowane - $24 \pm 2,5 \text{ V}$

2.2. Oględziny i sprawdzenie materiałów

Oględziny przeprowadzone gołym okiem wykazały pewne nierówności na powierzchni wypełniacza cewki elektromagnesu. Po dokładnym zbadaniu można było dostrzec miejsca gdzie uzwojenia nie były pokryte wypełniaczem epidianoalumiowym.

Ponadto powierzchnia wypełniacza na pewnej części obwodu pokrywała się, a nawet nieznacznie wystawała ponad powierzchnię nabiegunników magnesu. Brak odstępu między zworą i powierzchnią wypełniacza był przyczyną ścierania się wypełniacza, a następnie izolacji uzwojeń podczas ruchu obrotowego, co zostało stwierdzone po badaniach hamulca w robocie.

W hamulcu 3 i 4 koszulki ochronne na przewodach cewki nie zostały zabezpieczone epidianem. Stwierdzono brak znaku firmowego producenta jak również brak oznaczeń: napięcia zasilania i prądu, które to dane winna zawierać tabliczka znamionowa.

Stwierdzono brak świadectwa kontroli technicznej, potwierdzającego zgodność materiałów z dokumentacją konstrukcyjną.

2.3. Sprawdzenie rezystancji izolacji

Próbie przeprowadzono zgodnie z opisem i wymaganiami pkt 4.2.4 ZN przy użyciu megaomomierza o napięciu - 500 V. Rezystancja izolacji dla każdego wyrobu była większa od 50 M .

Wynik próby pozytywny.

2.4. Sprawdzenie wytrzymałości elektrycznej izolacji

Próbie przeprowadzono zgodnie z opisem i wymaganiami pkt 4.2.5 ZN przy użyciu transformatora probierczego o napięciu ~ 500 V.

W hamulcach nr 2 i 3 stwierdzono, że w momencie przyłożenia napięcia probierczego pomiędzy zwarte ze sobą przewody cewki a masą hamulca występował duży spadek napięcia oraz zwiększenie prądu upływowego. Jednakże w czasie 1 minutowej próby nie nastąpiło przebicie elektryczne.

W hamulcu nr 4 nie stwierdzono tego zjawiska.

Wynik próby pozytywny.

2.5. Sprawdzenie głównych wymiarów

Sprawdzenia głównych wymiarów dokonano zgodnie z wymaganiami pkt 2.1.5 na podstawie rys.1 załączonego do Normy Zakładowej.

Otrzymane wyniki pomiarów potwierdzają zgodność z wymiarami podanymi na rys. z wyjątkiem wymiarów: średnica zwory - jest $\varnothing$ 91 mm zamiast $\varnothing$ 90 mm

długość przewodów łączących/wyprowadzeniowych cewki/ -
jest 300 mm zamiast 440 mm.

Wynik sprawdzenia negatywny.

2.6. Sprawdzenie momentu hamowania

Próbe przeprowadzono zgodnie z opisem i wymaganiami pkt 4.2.7.2 ZN na specjalnie do tego przygotowanym stanowisku. Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli:

Nr wy- robu	Siła /kG/		Długość ramienia /m/	Moment hamowania		Wartość wymagana Nm
	wartość pomierzona	wartość średnia		kGm	Nm	
2	0,36 0,33 0,30	0,33	2	0,66	6,47	10 +1
3	0,36 0,38 0,38	0,37		0,74	7,25	
4	0,36 0,37 0,40	0,38		0,76	7,46	

Wynik sprawdzenia negatywny.

2.7. Sprawdzenie ugięcia zwory zespołu obrotowego

Próbe przeprowadzono zgodnie z opisem i wymaganiami pkt 4.2.7.4 ZN.

Ugięcie zwory zespołu obrotowego tworzy szczelinę roboczą pomiędzy zespołem nieruchomym a obrotowym.

Szczelina ta występuje na całym obwodzie zespołu roboczego. Aby otrzymać właściwy obraz ugięcia pomiary wykonano w 3-ch punktach co 120° na obwodzie zwory przy użyciu czujnika zegarowego.

Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli:

Nr wyrobu	Ugięcie zwory /mm/ mierzone na obwodzie co 120°			Wartość wymaga- na /mm/
	1p.p	2p.p	3p.p	
2	0,59	0,10	0,39	0,3-0,1
3	0,36	0,34	0,46	
4	0,53	0,38	0,55	

p.p - punkt pomiarowy

Stwierdzono nierównomierne ugięcie zwory jak również przekroczenie dopuszczalnej wartości ugięcia.

Wynik sprawdzenia negatywny.

2.8. Sprawdzenie szczątkowej siły przyciągania

Sprawdzenie szczątkowej siły przyciągania wykonano na hamulcu zasilanym napięciem 24 V. Zespół nieruchomy zamocowywano sztywno do podłoża, a zespół ruchomy odrywano od niego. Wartość siły w momencie oderwania odczytywano na dynamometrze.

Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli:

Nr wyrobu	Siła /kg/		Siła /N/	Wartość wymagana
	wart.pomierzona	wart.średnia		
2	0,75 0,75 0,80	0,78	7,6	32,5 N
3	1,10 1,05 1,05	1,08	10,6	
4	0,55 0,60 0,55	0,58	5,7	

Wynik sprawdzenia pozytywny.

2.9. Sprawdzenie temperatury hamulca /nagrzewania/

Próbe przeprowadzono zg. z opisem i wymaganiami pkt 4.2.7.3 ZN. Pomiarów dokonano przy użyciu multimetra V-640 z sondą temperaturową.

Napięcie zasilania znamionowe = 24 V

Czas próby - 8 godzin

Wyniki pomiarów zawiera tabela:

Nr wy- robu	Temperatura /°C/ Pomiar										Przyrost temp.	Wart. dop.
	wstę pny	po 1 h	po 2 h	po 3 h	po 4 h	po 5 h	po 6 h	po 7 h	po 8 h	po 9 h		
	/°C/											
2	20	52	58	61	61	61	62	62	62		40	35
3	20	52	58	62	62	61	62	62	62		40	
4	20	52	57	61	61	61	62	62	62			

Pomierzony przyrost temp. hamulców jest większy od założonego o 5°C.

Wynik sprawdzenia negatywny.

7

2.10. Sprawdzenie poboru prądu

Próbe przeprowadzono zgodnie z opisem i wymaganiami pkt 4.2.8 ZN w czasie trwania próby 2.9.

Wyniki pomiarów zawiera tabela:

Nr wy- robu	Pobór prądu /A/ Pomiar									Robór prądu /A/	Wartość dopuszczal- na /A/
	wstę- pny	po 1h	po 2h	po 3h	po 4h	po 5h	po 6h	po 7h	po 8h		
2	0,72	0,64	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61		0,71
3	0,70	0,62	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60		
4	0,72	0,63	0,61	0,60	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60		

Wynik sprawdzenia pozytywny.

2.11. Sprawdzenie działania w warunkach obniżonej temperatury +5°C

Próbe przeprowadzono zgodnie z opisem i wymaganiami pkt 4.2.11 ZN.

W warunkach obniżonej temperatury przeprowadzono następujące sprawdzenia:

- spr. momentu hamowania
- spr. ugięcia zwory zespołu obrotowego
- spr. szczątkowej siły przyciągania

Wyniki pomiarów zestawiono poniżej:

a/ sprawdzenie momentu hamowania

Nr wyrobu	Siła pomiar	Siła kG wartość średnia	Długość ra- mienia /mm/	Moment hamowania	
				kGm	Nm
2	0,65 0,64 0,64	0,64	2	1,28	12,6
3	0,60 0,70 0,65	0,65		1,30	12,7
4	0,70 0,70 0,70	0,70		1,40	13,7

b/ sprawdzenie ugięcia zwory

Nr wyrobu	Ugięcie zwory mierzone na obwodzie co 120°		
	/mm/		
2	0,80	0,25	0,73
3	0,42	0,37	0,39
4	0,54	0,43	0,42

c/ sprawdzenie szczątkowej siły przyciągania

Nr wyrobu	Siła /kg/		Siła /N/
	wart.pomierz.	wart.średnia	
2	1,35 1,40 1,30	1,35	13,2
3	1,55 1,60 1,50	1,55	15,2
4	0,75 0,80 0,70	0,75	7,3

Na podstawie uzyskanych wyników badań hamulców w obniżonej temperaturze /+5°C/ można stwierdzić, że wartości momentów hamowania i sił szczątkowych są wyższe od wartości w normalnej temperaturze /+20°C/ średnio o 79 % dla momentu hamowania i 49 % dla siły szczątkowej.

2.12. Sprawdzenie działania w warunkach podwyższonej temp. +50°C

Próbie przeprowadzono zgodnie z opisem i wymaganiami pkt 4.2.10 ZN.

W warunkach podwyższonej temperatury przeprowadzono sprawdzenia jak w p.2.11.

a/ sprawdzenie momentu hamowania

Nr wyrobu	Siła /kg/		Długość ramienia /m/	Moment hamowania	
	pomiar	wart.średnia		kGm	Nm
2	0,42 0,45 0,40	0,45	2	0,90	8,8
3	0,43 0,41 0,44	0,43		0,86	8,4
4	0,47 0,47 0,48	0,47		0,94	9,2

b/ sprawdzenie ugięcia zwory

Nr wy- robu	Ugięcie zwory mierzone na obwodzie co 120°		
	/mm/		
2	0,27 0,26	0,72	0,84
3	0,32	0,40	0,39
4	0,40	0,37	0,36

c/ sprawdzenie szczątkowej siły przyciągania

Nr wy- robu	Siła /kg/		Siła /N/
	wart.pomierz.	wart.śred.	
2	1,20 1,15 1,25	1,20	11,8
3	1,45 1,40 1,50	1,45	14,2
4	0,8 0,8 0,8	0,8	7,9

Badania działania hamulca w podwyższonej temperaturze $+50^{\circ}\text{C}$ wykazały, że zarówno wartości momentu hamowania jak i siły szczątkowej są wyższe odpowiednio o ok. 25 % i ok. 42 % od wartości uzyskanych w badaniach w warunkach normalnych.

2.13. Sprawdzenie wytrzymałości na suche gorąco $+70^{\circ}\text{C}$

Próbie przeprowadzono zgodnie z opisem i wymaganiami pkt 4.2.12 ZN, a po regeneracji poddano sprawdzeniom:

a/ sprawdzeniu momentu hamowania

Nr wy- robu	Siła /kg/		Długość ramienia	Moment hamowania		Wartość dopusz.
	pomiar	war.średnia		kGm	Nm	
2	0,42 0,45 0,40	0,42	2	0,84	8,24	10 +1
3	0,43 0,41 0,44	0,43		0,86	8,43	
4	0,47 0,47 0,48	0,47		0,94	9,22	

10

b/ sprawdzenie ugięcia zwory

Nr wy- robu	Ugięcie zwory mierzone na obwodzie co 120° /mm/			Wart.dop. /mm/
2	0,45	0,04	0,45	0,3-0,1
3	0,18	0,10	0,20	
4	0,29	0,26	0,29	

c/ sprawdzenie szczątkowej siły przyciągania

Nr wy- robu	Siła /kG/ wart.pomierz. wart.Średnia		Siła /N/	Wart.dop. /N/
2	1,40 1,40 1,30	1,33	13,1	32,5
3	1,50 1,60 1,50	1,51	14,9	
4	0,80 0,75 0,80	0,78	7,6	

Uzyskane wyniki badań hamulca poddanego narażeniu suchego gorąca /+70°C/ pozwalają stwierdzić, że narażenie to nie powoduje istotnych /w granicach dokładności pomiaru/ zmian wartości badanych parametrów technicznych hamulca.

Wynik badania pozytywny.

2.14. Sprawdzenie wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe

Próbie przeprowadzono zgodnie z opisem i wymaganiami pkt 4.2.13 ZN, a po regeneracji poddano sprawdzeniom:

a/ sprawdzenie rezystancji izolacji

Nr wy- robu	Rezystancja izolacji /MΩ/	Wartość wymagana /MΩ/
2	0,1	≥ 5 Ω
3	0,4	
4	50	

Wynik próby - dla wyrobu nr 4 - pozytywny. Dla wyrobu nr 2 i 3 - negatywny.

11

b/ sprawdzenie momentu hamowania

Nr wy- robu	Siła kG		Długość ramienia	Moment hamowania		Wart.dop. Nm
	pomiar	wart.śred.		kGm	Nm	
2	0,42 0,45 0,47	0,45	2 m	0,90	8,82	10 +1
3	0,45 0,49 0,46	0,47		0,94	9,22	
4	0,41 0,45 0,46	0,44		0,88	8,63	

c/ Sprawdzenie ugięcia zwory

Nr wy- robu	Ugięcie zwory mierzone na obwodzie co 120° /mm/			Wart.dop. /mm/
2	0,67	0,15	0,57	0,3-0,1
3	0,30	0,30	0,30	
4	0,03	0,24	0,34	

d/ sprawdzenie siły przyciągania

Nr wy- robu	Siła /kG/		Siła /N/	Wart.dop.
	wart.pomierz.	wart.średnia		
2	1,40 1,40 1,40	1,40	13,7	32,5
3	1,50 1,60 1,55	1,55	15,1	
4	0,80 0,75 0,70	0,75	7,3	

Działanie podwyższonej temperatury $+40^{\circ}\text{C}$ /i wilgotności $/93\%$ / nie spowodowało ujemnego wpływu na wartości momentu hamowania i siły szczątkowej we wszystkich badanych hamulcach, natomiast ujemnie wpłynęło na wartości rezystancji izolacji w hamulcach nr 2 i 3, tj. w tych, w których podczas badań wstępnych stwierdzono duży spadek napięcia i zwiększony prąd upływowy. Z uwagi na nie spełnienie wymagania odnośnie rezystancji izolacji przez hamulce nr 2 i 3 wyniki próby uznaje się za negatywny.

2.15. Sprawdzenie wytrzymałości na udary

Próbie przeprowadzono zg. z opisem i wymaganiami pkt 4.2.14 ZN, a następnie poddano sprawdzeniom:

a/ sprawdzenie momentu hamowania

Nr wy- robu	Siła pomiar	/kG/ wart.śred.	Długość ramienia m	Moment hamowania kGm	Nm	Wart.dopusz. Nm
2	0,38 0,37 0,36	0,37	2	0,74	7,25	10 ⁺¹
3	0,40 0,41 0,43	0,41		0,82	8,04	
4	0,45 0,48 0,46	0,46		0,92	9,02	

b/ sprawdzenie ugięcia zwory

Nr wy- robu	Ugięcie zwory mierzone na obwodzie co 120°			wart.dop. mm
	mm	mm	mm	
2	0,40	0,79	0,87	0,3-0,1
3	0,64	0,50	0,40	
4	0,54	0,54	0,54	

c/ sprawdzenie szcztkowej siły przyciągania

Nr wy- robu	Siła kG		Siła N	Wart.dop. /N/
	pomierzona	wart.średnia		
2	1,40	1,35	13,2	32,5
	1,30			
	1,35			
3	1,50	1,52	14,9	
	1,50			
	1,55			
4	0,80	0,78	7,6	
	0,80			
	0,75			

Uzyskane wyniki pomiarów parametrów technicznych oraz brak widocznych usterek lub zmian pogorszających wygląd lub jakość badanych hamulców świadczą o ich dostatecznej wytrzymałości na udary mechaniczne.

2.16. Badanie hamulca oryginalnego

Badanie wykonano dla porównania parametrów hamulca importowanego z uzyskanymi parametrami badanych hamulców.

a/ sprawdzenie momentu hamowania

Siła pomiar	/kg/ wart.śred.	Długość ramienia m	Moment hamowania	
			kgm	Nm
0,45 0,55 0,54	0,52	2	1,04	10,2

b/ sprawdzenie ugięcia zwory

Ugięcie zwory mierzone na obwodzie co 120° wynosiło odpowiednio:

0,28 mm, 0,11 mm, 0,22 mm.

c/ Szczątkowa siła przyciągania wynosi 16,6 N.

Porównując parametry hamulca importowanego z parametrami hamulców konstrukcji ORC można stwierdzić, że:

- moment hamowania hamulca importowanego jest większy od momentu hamulca ORC i spełnia wymagania ZN $/10^{+1}$ Nm/
- ugięcie zwory na obwodzie dla obu hamulców jest nierównomierne
- szczątkowe siły przyciągania są porównywalne i spełniają wymagania ZN $/ \leq 32,5$ N/.

2.17. Sprawdzenie działania w robocie IRb-60

Do badania w robocie IRb-60 wykorzystano jedynie hamulec o nr 4, ponieważ pozostałe 2 szt. nie spełniały wymagań ZN odnośnie rezystancji izolacji, której wartości pomierzone po próbie wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe były mniejsze od $5\text{ M}\Omega$ /wynosiły 0,1 i $0,4\text{ M}\Omega$ /.

Hamulec nr 4 zamontowano w napędzie osi $\odot$ na miejsce wymontowanego hamulca oryginalnego.

Celem badania było sprawdzenie poprawności działania napędu oraz pomiar parametrów ruchu i sztywności ramienia $\odot$.

Po uruchomieniu robota i wykonaniu kilku ruchów stwierdzono:

- niemożliwość uzyskania maksymalnych prędkości ramienia
- ruch ramienia α odbywał się ze zmienną prędkością zależną od kierunku ruchu
- zadziałanie stopu awaryjnego po wykonaniu kilku ruchów

Wymiany sterownika osi α , silnika oraz regulacje sterownika nie spowodowały polepszenia pracy robota.

W wyniku oględzin hamulca /po zdjęciu z silnika/ stwierdzono, że wskutek ocierania/w czasie odhamowywania jak i hamowania robota/ części ruchomej i nieruchomej nastąpiło uszkodzenie zalewy epidianowej cewki i zwarcie międzyzwojowe, co w konsekwencji powodowało niecałkowite odhamowanie i złą pracę robota.

Po konsultacji z ORC badania przerwano do czasu wprowadzenia niezbędnych zmian w konstrukcji i wykonaniu hamulca.

2.18. Badanie hamulca zmodyfikowanego

W związku z uzyskaniem negatywnych wyników badań pełnych prototypów hamulców, w tym również badań funkcjonalnych w robocie, uznano za konieczne wykonanie 1 szt. hamulca o zmienionej konstrukcji wg propozycji ORC, zawartych we wnioskach sprawozdania nr rej. 5490 i poddanie go badaniom funkcjonalnym w robocie /bez badań środowiskowych/.

Badania prototypów wykazały, że strumień magnetyczny cewki jest za mały w stosunku do strumienia magnesu. W celu powiększenia strumienia magnetycznego cewki powiększono jej amperozwoje, co wpłynęło na powiększenie średnicy drutu a tym samym wymiarów cewki. Pocienienie nabiegunków, zwory i magnesu pozwoliło na uzyskanie przekroju przeznaczonego na cewkę o wymiarach 12x16,5 mm, co w porównaniu z przekrojem poprzednim 8x16,5 mm daje wzrost o 50 %. Pozwoliło to zmieścić uzwojenie z drutu DNE $\varnothing$ 0,38 zamiast DNE $\varnothing$ 0,35.

Otrzymano cewkę o 1250 zwojach /poprzednio 925/ i sile magnetycznej 750 Azw /poprzednio 555/ po nagrzaniu się cewki. Dla obydwu przypadków prąd płynący

przez cewkę w warunkach równowagi cieplnej hamulca wynosił 0,6 A.

Dodatkowo w trakcie wykonywania hamulca zmieniono niektóre fazki i podtoczenie, a nawet z paru zrezygnowano po to, aby lepiej wykorzystać powierzchnię magnesu i nabiegunników. Zmieniono też sposób montażu cewki przyklejając wcześniej ceratki dla ułatwienia montażu.

2.18.1. Sprawdzenie momentu hamowania

Próbie przeprowadzono zgodnie z opisem i wymaganiami p. 4.2.7.2 ZN.

Wyniki pomiarów zestawiono poniżej:

Lp.	Siła /KG/		Długość ramienia m	Moment hamowania Nm	Wartość wymagana Nm
	wart.pom.	wart.śr.			
1	0,8				
2	0,8	0,8	2	15,7	10^{+1}
3	0,8				

2.18.2. Sprawdzenie szczątkowej siły przyciągania

Sprawdzenie wykonano zgodnie z opisem w p.2.8 sprawozdania.

Wyniki zestawiono poniżej:

Lp.	Siła /kg/		Siła / N/	Wartość siły dopuszczalna /N/
	wart.pom.	wart.śr.		
1	0,55			
2	0,55	0,55	5,4	32,5
3	0,55			

Oprócz pomiaru siły szczątkowej wykonano dodatkowo /ZN nie przewiduje/ pomiar momentu szczątkowego hamulca, tzn. moment hamowania w czasie podłączenia napięcia zasilania do cewki hamulca. Znajomości wartości momentu szczątkowego umożliwią konstruktorowi oszacowanie strat momentu napędowego bilnika spowodowanych pracą hamulca. Pomierzona wartość momentu szczątkowego, metodą stosowaną przy pomiarze momentu hamowania, wynosi 0,78 Nm.

16

2.18.3. Sprawdzenie poboru prądu

Pobór prądu przez cewkę hamulca w ustalonym stanie cieplnym /po 2 h pracy hamulca/ wynosi 0,60 A.

2.18.4. Sprawdzenie działania hamulca w robocie IRb-60

Hamulec został zamontowany w miejsce hamulca oryginalnego w napędzie osi $\odot$.

Dla oceny poprawności pracy hamulca w robocie IRb wykonano następujące pomiary przed i po próbie pracy ciągłej robota w czasie 150 h:

- pomiar czasów rozruchu i hamowania ramienia $\odot$
- pomiar momentu hamowania i momentu szczytkowego hamulca
- pomiar sztywności ramienia $\odot$

oraz pomiar temperatury silnika w układzie napędowym osi $\odot$ w trakcie pracy robota z hamulcem ORC.

W czasie pracy ciągłej działał jedynie napęd osi $\odot$ powodując cykliczne ruchy ramienia $\odot$ w obu kierunkach. Przez 126 h ramię $\odot$ było odhamowane /hamulec znajdował się pod napięciem/ a w czasie 24 h w każdym cyklu ruchu w skrajnych położeniach ramienia $\odot$ hamulec pozostawał przez 10 s w stanie załączonym /odłączenie napięcia od cewki hamulca/.

Podczas próby nie zaistniały jakiejkolwiek nieprawidłowości w pracy robota, który w sposób nieprzerwany /bez zatrzymania się/ przepracował 126 + 24 godz. Uzyskane wyniki pomiarów zestawiono w poniższych tabelach. Zależność sztywności od wielkości obciążenia ramienia $\odot$ w obu kierunkach przedstawiono w postaci wykresu na rys.1.

Wartości czasów rozruchu t_p i hamowania t_h

Oś sprawdzana	Kierunek ruchu	Czas /s/							
		t_p	t_h	t_p	t_h	t_p	t_h	t_p	t_h
②	+	0,280	0,460	0,260	0,460	0,270	0,460	0,378 + + 0,460	0,378 + + 0,473
	-	0,250	0,440	0,260	0,440	0,250	0,435	0,250 + + 0,308	0,432 + + 0,528
Pomiar	-	przed próbą pracy 150 h		po próbie pracy 150 h		hamulec oryginalny		wymagania w ZN	
		hamulec konstrukcji ORC							

05 + ②

Wartości skuteczności $[B_{\text{sr}} - D_{\text{sr}}]$ ramien. — ② dla różnych obciążen

L_p	M	F	Hamulec oryginalne		Hamulec konstr. ORC		Wymaga- nia wg ZN	Uwagi
			$B_{\text{sr}} - D_{\text{sr}}$	$B_{\text{sr}} - D_{\text{sr}}$	$B_{\text{sr}} - D_{\text{sr}}$	$B_{\text{sr}} - D_{\text{sr}}$		
	Nm	kg	$\frac{\Delta x}{\text{mm}}$	$\frac{\Delta}{\text{rd} \cdot 10^{-3}}$	$\frac{\Delta x}{\text{mm}}$	$\frac{\Delta}{\text{rd} \cdot 10^{-3}}$		
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,50 2,80	$L_1 = 0,66 \text{ m}$ $L_2 = 0,80 \text{ m}$ $M = F \cdot L_1$ L_2 - punkt pomiaru ugięcia L_1 - ramię siły
2	92,50	14,2	0,18	0,22	0,21	0,26		
3	462,50	71,0	1,03	1,29	0,98	1,22		
4	925,00	142,0	1,83	2,29	1,81	2,26		
5	462,50	71,0	1,15	1,44	1,11	1,25		
6	92,50	14,2	0,47	0,59	0,38	0,47		
7	0,0	0,0	0,04	0,05	0,09	0,11		

06 - ②

1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,40 2,60	
2	92,50	14,2	0,04	0,05	0,09	0,11		
3	462,50	71,0	0,73	0,91	0,72	0,90		
4	925,00	142,0	1,57	1,96	1,54	1,92		
5	462,50	71,0	0,87	1,09	0,88	1,10		
6	92,50	14,2	0,14	0,17	0,20	0,25		
7	0,0	0,0	0,01	0,01	0,05	0,06		



Rys. 1. Sztywność ramienia 0 robota JCB-60

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów czasów rozruchu t_p i hamowania t_h można stwierdzić, że:

- wartości t_h w kierunku "+", t_p i t_h w kierunku "-" dla hamulca ORC i oryginalnego zarówno przed jak i po próbie 150 h pracy, są zgodne z wymaganiami ZN i porównywalne,
- wartości t_p w kierunku "+" dla hamulca ORC i oryginalnego są porównywalne, jednak mniejsze od wymaganej ZN o ok. 28 %.

Sztywność ramienia ω , badana w sposób opisany w p. 2.2.10 ZN "Roboty przemysłowe IRb-60" spełnia wymagania normy i jest porównywalna ze sztywnością ramienia ω z hamulcem oryginalnym.

Pomiar temperatury silnika w układzie napędowym ramienia ω był prowadzony od momentu rozpoczęcia próby do czasu jej zakończenia. Temperaturę mierzono na zewnętrznej powierzchni obudowy silnika. Po upływie 2 h od momentu uruchomienia robota temperatura obudowy silnika osiągnęła wartość $50,1^{\circ}\text{C}$, która w czasie dalszej pracy robota zmieniała się w granicach od $46,8$ do $49,9^{\circ}\text{C}$. Pomiary momentu hamowania i momentu szczątkowego wykonano w sposób jak w p. 2.18.2 n/sprawozdania.

Uzyskane wartości momentów były identyczne jak przed próbą ciągłą i wynosiły odpowiednio $15,7\text{ Nm}$ i $0,78\text{ Nm}$ /siła szczątkowa $5,4\text{ N/}$.

Zmiany konstrukcyjne hamulca, opisane w p.2.18 n/sprawozdania, nie spowodowały oczekiwanego zmniejszenia wartości momentu wskutek zmniejszenia strumienia magnetycznego, lecz znaczne jego powiększenie. Przypuszcza się, że przyczyną tego mogły być: materiał nabiegunków o wyższej przenikalności magnetycznej oraz lepsze przyleganie zwory do nabiegunków spowodowane właściwym ułożeniem cewki w przestrzeni nabiegunka, mniejszą sztywnością nabiegunków i zwory.

3. Wnioski

- 3.1. Hamulec konstrukcji ORC w wersji zmodyfikowanej /po wprowadzeniu zmian konstrukcyjnych opisanych w p.2.18 n/sprawozdania/ zapewnia prawidłowe działanie robota, a ściślej, działanie napędu ramienia $\approx$ oceniane takimi parametrami technicznymi jak: czasy rozruchu i hamowania oraz sztywność ramienia $\approx$. Uzyskane wartości tych parametrów dla hamulca ORC i oryginalnego są porównywalne.
- 3.2. Hamulce przed i po modyfikacji nie spełniają wymagania ZN odnośnie momentu hamowania /p.2.1.7.2 ZN/. Pomierzone wartości momentu przed modyfikacją wynoszą od 6,47 do 9,22 Nm, a po modyfikacji 15,7 Nm, podczas gdy wymagana wartość wynosi 10^{+1} Nm.
- 3.3. W celu uzyskania wymaganej wartości momentu hamowania konstruktorzy hamulca proponują wprowadzenie następujących zmian:
- zmniejszenie grubości magnesu z 9 mm do 7 mm
 - pocienienie nabiegunników i zwory łącznie o 0,6 mm
 - zwiększenie liczby zwojów cewki przy tej samej średnicy drutu.
- Powyższe zmiany spowodują dodatkowo zmniejszenie poboru prądu, co korzystnie wpłynie na nagrzewanie się cewki oraz jej siłę magnetyczną, od wartości której zależy rozłączanie hamulca.

4. Weryfikacja normy zakładowej

Opierając się na doświadczeniach z badań prototypów hamulca uważa się za celowe wprowadzenie następujących zmian i uzupełnień do projektu normy zakładowej:

- 1/ usunąć z ZN p. 1.2.5 "Czas zahamowania" i p. 1.2.6 "Czas odhamowania"
- 2/ usunąć z ZN p. 2.1.7.1 "Czasy zadziałania"
- 3/ dopisać p. 2.1.7.6 "Szczątkowy moment przyciągania zwory" - pozostały po oddziaływaniu na siebie dwóch pól magnetycznych sterowanych przeciwnie, powinien być mniejszy od Nm
- 4/ zmienić treść p. 2.1.8 Stołość parametrów - hamulec powinien w czasie 150 h pracy ciągłej i przerywanej w robocie IRb działać poprawnie /niezmienione przyspieszenie i opóźnienie ruchów robota/ i spełniać wymagania p. 2.1.10, a po próbie w warunkach odniesienia spełniać wymagania p.2.17.2; 2.1.7.5 i 2.1.7.6
- 5/ uzupełnić p.2.2.5 ... Ponadto po próbie powinny być spełnione wymagania p.2.1.3 i 2.1.4 /napiecie probiercze obniżone do 0,75 znamionowego/
- 6/ dopisać p.2.1.10 Poprawność działania w robocie IRb - praca hamulca w robocie IRb nie może powodować zmian wartości parametrów:
 - a/ przyspieszenia i opóźnienia ruchów robota nieobciążonego przy przyspieszeniu i opóźnieniu od zera do prędkości maksymalnej i odwrotnie, ocenione na podstawie czasu osiągnięcia 63 % prędkości maksymalnej przy przyspieszeniu $/t_p/$ i czasu spadku prędkości do 37 % prędkości maksymalnej przy hamowaniu $/t_h/$ powinny być zgodne z tablicą:

ramię	kierunek ruchu	t_p /s/	t_h /s/
Ⓢ	+	0,42	0,43
	-	0,28	0,48
ℓ	+	0,47	0,47
	-	0,30	0,47

Wartości czasów t_p i t_h powinny być zgodne z podanymi w tabeli z tolerancją $-20 \div +30 \%$.

b/ sztywności /zmiany położenia/ robota dla poszczególnych stopni swobody pod wpływem obciążenia momentem równym 10 % i 100 % wartości znamionowej momentu obciążającego, nie powinny przekraczać wartości podanych w tabeli

ramię	kierunek ruchu	znamionowy moment obciążający Nm	max odchylenie / 10^{-3} rad/ przy momencie obciążającym	
			100 %	10 %
D	+	925	2,8	0,5
	-	925	2,6	0,4
L	+	730	2,8	0,3
	-	900	3	0,5

- 7/ dopisać p. 2.1.11 Trwałość cewki hamulca - cewka powinna wytrzymać bez uszkodzeń liczbę zadziałań 10^6
- 8/ zmienić treść p. 4.2.7 Sprawdzenie działania - przy badaniach pełnych po każdej próbie środowiskowej wykonuje się sprawdzenia momentu hamowania, szczątkowej siły przyciągania i momentu szczątkowego
- 9/ usunąć p. 4.2.7.1 "^Sprawdzenie czasów zadziałania"
- 10/ dopisać p. 4.2.7.6 "^Sprawdzenie momentu szczątkowego" - sprawdzenie momentu szczątkowego należy wykonać analogicznie jak momentu hamowania przykładając moment obrotowy przy włączonym prądzie. Wynik należy uznać za pozytywny gdy moment jest mniejszy od..... Nm.
- 11/ zmienić treść p. 4.2.9 Sprawdzenie stałości parametrów - dokonać podczas sprawdzenia kompletnego robota w próbie pracy trwającej 150 h. Po próbie wykonać należy sprawdzenia wg p. 2.1.10
- 12/ dopisać p. 4.2.15 Sprawdzenie trwałości cewki wykonać na stanowisku do sprawdzania momentu hamowania. Cewkę poddać cyklicznemu zasilaniu napięciem 24 V= z częstotliwością 1 Hz o całkowitej ilości cykli 10^6 . Po próbie wykonać sprawdzenie momentu hamowania, szczątkowej siły przyciągania i momentu szczątkowego.

Uwaga: Wymagana wartość momentu szczątkowego /p.4.2.7.6 ZN/ będzie określona po przeprowadzeniu badań hamulców z serii informacyjnej /20szt./.