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

Ośrodek Automatyki Elektrycznej

074 A

Główny wykonawca

Wykonawcy prof.dr inż.T.Missala, dr inż.P.Jabłoński
prof.dr hab. J. Owczarek

Konsultant

Nr zlecenia
U-24.30.03

Prace postlicencyjne nad robotem IRb

Raport o przebiegu prac.

Zleceniodawca

Pracę rozpoczęto dnia 1.06.82 zakończono dnia 29.10.82

Kierownik Zespołu
dr inż.P.Jabłoński

p.o.Z-ca Dyrektora
d/s Automatyki
dr inż.T.Gałązka

Kierownik Ośrodka
prof.dr inż.T.Missala

Praca zawiera:

stron 9
rysunków –
fotografii –
tabel –
tablic 6
załączników –

Nr rejestr. 4917

Rozdzielnik - ilość egz:

Egz. 1 BOINTE
Egz. 2 DA
Egz. 3 DN
Egz. 4 OAE
Egz. 5 OAM
Egz. 6 OAK

Analiza deskryptorowa ROBOTY PRZEMYSŁOWE

Analiza dokumentacyjna

Praca zawiera raport o przebiegu prac tematu "Prace postlicencyjne nad robotami IRb" wykonane w okresie 1.06.1982r. - 26.10.1982r.

Tytuły poprzednich sprawozdań

Prace postlicencyjne nad robotami IRb.
Raport o przebiegu prac. Sprawozdanie Nr rejestr.4835.

338.45:62(69].002.1/2

UKD

MERA-PIAP/TW 331/78 5000

2

Raport o przebiegu prac
"Prace postlicencyjne nad robotami IRb"

W okresie czerwiec - pazdziernik 1982r. prowadzone były dalsze prace nad modyfikacją układu napędowego robotów IRb w zakresie silników elektrycznych.
Prace związane z modyfikacją układu sterowania, eliminacją łożysk i przekładni falowych importowanych z KK są ściśle związane z planami współpracy naukowo-technicznej z Ministerstwem Przemysłu Motoryzacyjnego ZSRR. Nasze propozycje dotyczące tych planów przekazane do ZSRR w maju 1982r. nie doczekały się jeszcze rozpatrzenia.

2. Prace w zakresie modyfikacji układu napędowego.

Zgodnie z zapowiedzią podaną w p.2 raportu I sporządzono tablice umożliwiające porównanie napędów stosowanych obecnie w robotach IRb oraz napędów z katalogowymi silnikami prądu stałego o wirnikach cylindrycznych i z silnikami skokowymi. W tablicach oznaczono:

$\varphi, \theta, \alpha, t, v$ - osie robota wg. oznaczeń ASEA;

M_L - moment znamionowy napędu /za przekładnią/ w N.m;

M_{maxL} - moment maksymalny napędu /za przekładnią/ w N.m;

M_H - moment znamionowy silnika w N.m;

M_{maxH} - moment maksymalny silnika w N.m;

M_{dyn} - moment obciążenia dynamicznego w N.m;

M_{st} - moment obciążenia statycznego w N.m;

M_T - moment tarcia statycznego w N.m;

M_Σ - całkowity moment obciążenia w N.m;

m - masa silnika w kg

m_p - masa przekładni w kg

m_z - masa zespołu silnik-przekładnia w kg;

n_L - prędkość obrotowa napędu /za przekładnią/ w obr/min;

n_H - prędkość obrotowa silnika w obr/min;

i - przełożenie przekładni;

η - sprawność przekładni;

ω - graniczna prędkość kątowa napędu /za przekładnią/ w 1/s

$\dot{\omega}$ - graniczne przyspieszenie kątowe napędu w $1/s^2$

J_s - moment bezwładności wirnika silnika w kg m^2;

J_{sL} - moment bezwładności wirnika silnika sprowadzany do wału wyjściowego przekładni w kg m^2;

J_L - moment bezwładności obciążenia w kg m^2;

J_{zL} - moment całkowity bezwładności za przekładnią w kg m^2;

P_{ZN} - moc silnika napędowego w kW;

L_a - indukcyjność wirnika w mH;

l - długość silnika w mm;

l_z - długość zespołu silnik przekładnia w mm;

l_w - długość wolnego końca wału w mm;

D - średnica zewnętrzna silnika w mm;

D_o - średnica rozstawienia otworów montażowych w mm;

D_z - średnica zewnętrzna zespołu silnik-przekładnia w mm;

D_K - średnica kołnierza silnika w mm;

d - średnica wolnego końca wału w mm;

T_m - stała czasowa elektromechaniczna silnika w s;

T_a - stała czasowa elektromagnetyczna silnika w s;

I_N - prąd znamionowy silnika w A;

I_{max} - prąd maksymaksymalny w impulsie w A;

U_n - napięcie znamionowe silnika w V

K_T - stała momentu N.m/A;

K_E - stała napięcia w V.s

K_D - stała tłumienia lepkiego N.m.s.

2.1. Obciążenie napędu

Dane dotyczące obciążenia napędów robotów IRb w poszczególnych osiach zestawiono w tablicach 1 i 2.
Z zestawienia parametrów robotów IRb-6 i IRb-60 wynika, że największe obciążenia /większe od momentu znamionowego napędu/ występują w osiach φ, θ i α przy czym w IRb-6 $M_\theta > M_\varphi > M_\alpha$, natomiast w IRb-60 $M_\varphi > M_\theta > M_\alpha$. Zapas momentu maksymalnego napędu w stosunku do momentu obciążenia w tych osiach jest większy w przypadku robota IRb-6 i wynosi $\frac{M_{maxL}}{M_\Sigma} \cong$ (od 6,4 do 8,12), a mniejszy w przypadku robota IRb-60, gdzie wynosi: $\frac{M_{maxL}}{M_\Sigma} \cong$ (od 2,34 do 3,23).

2.2. Porównanie napędów z różnymi silnikami

Dane porównawcze dla robota IRb-6 zestawiono w tablicy 3.
Do porównania napędów robota IRb-6 wybrano dostępne silniki prądu stałego tarczowe, cylindryczne i skokowe zapewniające zbliżone wartości parametrów wyjściowych n_L, M_{maxL}, L, M_L, J_{zL}, m_z/M_L, J_{zL}/M_L, J_{zL}/M_{maxL} szczególnie dla najbardziej obciążonych osi /θ, φ, α/.
Z porównania wynika, że masy napędów z silnikiem cylindycznym są o 27% do 41% większe, a z silnikiem skokowym o 570% większe; natomiast długości zespołów napędowych z silnikami cylindrycznymi są 1,5 do 2-krotnie większe, a z silnikami skokowymi ok. 2-krotnie większe /przy o ok. 50% większej średnicy/ niż przy zastosowaniu silnika tarczowego.

Stwierdzone większe masy, a szczególnie długości wskazują na to, że ani silniki cylindyrczne ani skokowe nie mogą być zastosowane do napędu aktualnej konstrukcji robota IRb-6 zarówno ze względu na trudności umieszczenia zespołów napędowych w konstrukcji robota, jak i ze względu na momenty obciążenia tej konstrukcji, które wymagałyby zmiany stosowanych przeciwwag kompensacyjnych w osiach θ i α.

Zastosowanie tych silników wymagałoby poważnej ingerencji w konstrukcję robota, co przeczy przyjętym założeniom. Z przeprowadzonego porównania wypływa więc wniosek o konieczności stosowania do napędu robota IRb-6 silnika o konstrukcji tarczowej.

Dane porównawcze dla robota IRb-60 zestawiono w tablicy 4.

Dla robota IRb-60 nie znaleziono silnika skokowego o wystarczającej mocy, wobec czego porównano jego napęd o silniku tarczowym prądu stałego z napędami o silnikach cylindrycznych. Porównywane silniki dobrano wg. warunku podobieństwa parametrów wymienionych przy rozpatrywaniu napędu robota IRb-6. Jeden z wytypowanych silników cylindrycznych ma większe, a drugi mniejsze wartości mocy wydawanej i momentów obrotowych niż napęd z oryginalnym silnikiem tarczowym. Również wartości parametrów wyjściowych n_L, M_L, M_{maxL} tego napędu są w przybliżeniu wartościami średnimi tych parametrów zapewnianych przez napędy o wytypowanych silnikach cylindrycznych.

Uwzględniając mniejszy zapas mocy i momentu napędu oryginalneg robota IRb-60 względem IRb-6, należałoby porównywać ten napęd z napędem o większym silniku cylindrycznym /DF-4.K 7708 Wamel/. Masa tego napędu jest o 26%, a długość o ok. 130% większa niż napędu z silnikiem tarczowym.

Zastosowanie którego kolwiek ze wspomnianych silników spowodowałoby podobne problemy konstrukcyjne jak dla robota IRb-

Wniosek wypływający z porównania napędów dla robota IRb-60 jest więc podobny, jak dla poprzednio rozpatrywanego robota IRb-6, a mianowicie, że najkorzystniej jest zastosować dla jego napędu silniki o konstrukcji tarczowej.

2.3. Porównanie silników tarczowych

Dane dotyczące silników tarczowych produkcji francuskiej, polskiej i rumuńskiej zestawiono w tablicach 5 i 6. Z porównania silników tarczowych ZPTM-90 produkcji WAMEL i SRI-D1 produkcji ICPE /Rumunia/ z silnikami, zastosowanymi w napędzie robota IRb-6 przez producenta szwedzkiego, F9M4H firmy francuskiej CEM /tablica 5/ wynika, że silnik SRI-D1 ma nieco większą /o 7%/ moc wydawaną i moment znamionowy /o 6%/, ale mniej wygodne niższe znamionowe napięcie zasilania /24V/, a przez to większe prądy znamionowe. Decydująco dyskwalifikują ten silnik: o 65% większa średnic o 80% większa długość; tak więc jego objętość jest około 5-krotnie, a masa ok. 4-krotnie większe niż silnika F9M4H. Natomiast silnik ZPTM-90 produkcji WAMEL ma praktycznie /+8%I_N, -5%P_{ZN} / identyczne parametry jak silnik F9M4H. Jak wynika z poprzednich omówień zapas mocy oryginalnego napędu jest wystarczający, wobec czego silnik ZPTM-90 może być uważany za właściwy zamiennik oryginalnego silnika francuskiego. Różnice stopnia ochrony silnika IP-42 i IP-44 są nieistotne, gdyż w silniku francuskim stopień ochrony nie obejmuje tabliczki zaciskowej, a w silniku polskim obejmuje. Zakres temperatur mocy podano zawężony zgodnie z wymaganiami ASEA.

Z porównania silników tarczowych PTM-200 produkcji WAMEL i SRI-D3 produkcji ICP /Rumunia/ z silnikami, zastosowanymi w robocie IRb-60 przez producenta szwedzkiego, M19P firmy francuskiej CEM /tablica 6/ wynika, że silnik produkcji WAMEL-u typu PTM-200 jest identyczny z oryginalnym silnikie francuskim z wyjątkiem zakresu temperatur pracy /ujemnych/ i stopnia ochrony oraz nieco mniejszej długości. Sprawy stopnia ochrony i zakresu temperatur omówiono uprzednio. Silnik SRI-D3 ma o 50% większe: wydawaną moc, znamionowy moment i maksymalny prąd, jednakże przy tylko o 15% większym momencie maksymalnym przy o 28% mniejszej prędkości obrotowej. Średnica silnika jest o 23% większa, długość o 50% większa, objętość 2,3 razy większa, a masa prawie 2-krotnie większa.

Wynika z tego, że silnik SRI-D3 nie wykazuje istotnej przewagi właściwości nad silnikami oryginalnym i produkcji WAMEL, w zakresie zapasu mocy i momentu maksymalnego, a więc właściwości dynamicznych napędu, zaś w zakresie objętości i mocy jest gorszy oraz ma nieodpowiednie wymiary montażowe.
Silnik PTM-200 produkcji WAMEL może być uważany za właściwy zamiennik oryginalnego silnika francuskiego.
Zamiana silników F9M4H i M19P silnikami produkcji WAMEL nie eliminuje oczywiście wad oryginalnego napędu silnikami tarczowymi o konwencjonalnej konstrukcji, z których największą jest ograniczona trwałość /1600 do 3000 h/.
Sugeruje to potrzebę prób poszukiwania nowych - bezzestykowych - konstrukcji silnika tarczowego.
Odpowiednie prace rozpoczęto i koncepcję takiego silnika została zgłoszona do opatentowania.

LITERATURA

1 KATALOGI

1.1 Axem: C.E.M. Cie Electro-Mécanique. Katalog 564 PRE 5 PV 05-76

1.2 Karta katalogowa jednostki napędowej typu PTM-200/R do robotów IRb-60. EMA-WAMEL Nr E 189-2-005. 1980r.

1.3 Karta katalogowa jednostki napędowej typu 2PTM-90. EMA-WAMEL. Nr. E.179-2-005. 1981r.

1.4. Servomoteurs à rotor disque SRI-D pour l'entrainement des robots industriels. ICPE-Bucarest 1982r.

1.5. Disk rotor and axial air gap D.C. motors. M.I.C.M.-ICPE Bucarest 1979r.

1.6. Thyristor Servodrives with D.C. permanent magnet motors produced under the licence H.K. Porter. METALEXPORT - Warnawa

1.7. Permanentmagnet-servomotoren, langsamläufer. INLAND-MOTOR DIVISION.

1.8. isoflux Permanent Magnet D.C. Servo Motors. ISOFLUX SERVOMOTORS s.p.a. 1977r.

1.9 escap 1980/1. Products of Portescap Switzerland

1.10 Torque Systems. ACUTRONIC A.G. 1978r

1.11 DC Micromotors. System Faulhaber. Minimotor S.A. 1981/1 i 1982/1. Switzerland.

1.12 Valvo Motoren 1977

1.13 Permanent Magnet D.C. Motors. Moore Reed. 1979r

1.14. E.C. Permanent Magnet D.C. Servo Motors and Motor-Tachometers. E.C. Unimate Engineers Limited. 1977r.

1.15 Two-phase stepper motor with permanent magnet escap. PORTESCAP 1981r.

1.16 Slow-Syn Stepping Motors. Superior Electric Co.

1.17 Stepping Motors. Moore Reed. 1980r.

1.18 Stepper Motors. PHILIPS-Polymotor. 1971r., 1980r.

/10

1.19. Type SMR Stepping Motors. KOVO.

1.20. Schrittmotoren + Elektronik, Berger Motoren. Katalog 103

1.21. Products for the Digital Control of Position and Speed. Stepping Motors. Slow Speed Synchronous Motors, Electronic Drives, Sigma Instruments Inc.

1.22. Schrittmotoren. Schrittmotor-Steuerungen. NC/CNC Steuerungen. Koordinatentische. Programm. PHYTRON-Elektronik GmbH. 3/82.

1.23 Stepping motors. Synchronous motors. Drivers and controllers for stepping motors. MAE, European Company, Italy, 1982r.

TABLICA 1

ZESTAWIENIE

Parametrów napędów robota IRb-6

DANE SILNIKA: Typ FG7M4H $n_H = 3000$ obr/min

$M_H = 0{,}537$ Nm $J_S = 0{,}34 \cdot 10^{-4}$ kgm^2

$M_{maxH} = 4{,}9$ Nm

OŚ	Przekł. i η	NAPĘD					OBCIĄŻENIE						$\frac{M_\Sigma}{M_L}$	$\frac{M_{maxL}}{M_\Sigma}$		
		n_L obr/min	M_L Nm	M_{maxL} Nm	ω [1/s]	$\dot{\omega}$ [1/s²]	J_L kgm²	J_{SL} kgm²	J_z kgm²	M_{dyn} Nm	M_{st} Nm	M_Σ Nm				
φ	Harm 1:158 0,72	19	61,0	557,4	90°/s	5	14	1,36	15,36	76,8	0	76,8	1,26	7,26		
⊙	Kulowa 1:133/1,15 0,75	22,55	53,5	488	1,7	5	3,3	1,36	4,66	23,3	53	76,3	1,43	6,40		
α	Kulowa 1:139/1,15 0,75	21,6	56,0	510	1,5	5	5,2	1,36	6,56	32,8	30	62,8	1,12	8,12		
t	Harm 1:128 0,75	23,5	51,5	470,4	90°/s	10	0,48	1,36	1,84	18,4	23	41,4	0,80	11,36		
V	Harm 1:128 0,75	23,5	51,5	470,4	120°/s	10	0,24	1,36	1,6	16,0	11	27,0	0,53	17,42		

TABLICA 2

ZESTAWIENIE

Parametrów napędów robota IRb-60

DANE SILNIKA: Typ MF-19 $n_H = 3000$ obr/min

$M_H = 3{,}2$ Nm $J_s = 1{,}2 \cdot 10^{-3}$ kgm^2

$M_{maxH} = 24{,}4$ Nm

Oś	Przekł. i η	NAPĘD					OBCIĄŻENIE						$\frac{M_\Sigma}{M_L}$	$\frac{M_{maxL}}{M_\Sigma}$
		n_L obr/min	M_L Nm	M_{maxL} Nm	ω [1/s]	$\dot{\omega}$ [1/s²]	J_L kgm²	J_{sL} kgm²	J_{zL} kgm²	M_{dyn} Nm	M_{st} Nm	M_Σ Nm		
φ	Harm 1:200 0,70	15	448	3360	90°/s	2,5	526	48	574	1435	0	1435	3,2	2,34
Θ	Kulowa 1:233/283 0,68	13/10,6	616	4695	1,1	2,5	112	108	220	550	1070	1620	2,63	2,90
α	Kulowa 1:233/283 0,68	13/10,6	616	4695	1,0	2,5	155	108	263	657,5	798	1455,5	2,36	3,23
t	Harm. 1:200 0,68	15	448	3360	90°/s	5	9,6	48	57,6	288	235	523	1,17	6,42
V	Harm 1:200 0,68	15	448	3360	120°/s	5	9,6	48	57,6	288	235	523	1,17	6,42
6	Harm 1:158 0,72													

PORÓWNANIE NAPĘDÓW ROBOTA IRb-6 Z RÓŻNYMI SILNIKAMI

TABLICA 3

	SILNIK TYP, FIRMA / RODZAJ		SPSME TARCZ.	SPSME CYLIN.	SPSME CYLIN.	SKOKOWY		
	PARAMETR	JEDN.	F9M4H CEM	3435 ACUTRONIC	5115 ACUTRONIC	ZSS161-200-15 PHYTRON		
SILNIK	P_{2N}	kW	0,168	0,144	0,150	0,335		
	n_H	obr/min	3000	2500	1800	400		
	M_H	Nm	0,537	0,550	0,80	8,0		
	M_{maxH}	Nm	4,9	5,3	4,2	28,0		
	$\frac{M_{maxH}}{M_H}$	—	9,12	9,64	5,25	3,5		
	m	kg	2,8	3,9	4,5	26,0		
	l	mm	64	133	120,5	304		
	D	mm	110	85,7	127	160		
	l/D	—	0,58	1,55	0,95	1,9		
	J_s	kgm^2	$0,34 \cdot 10^{-4}$	$0,85 \cdot 10^{-4}$	$4,73 \cdot 10^{-4}$	$53,5 \cdot 10^{-4}$		
	T_m	ms	4,5	4,3	9,3			
	T_a	ms		0,82	1,4	19,0		
PRZEKŁADNIA	i	—	1:158	1:132	1:104	1:20		
	η	—	0,72	0,75	0,80	0,90		
	m_P	kg	1,3	1,3	1,3	1,3		
ZESPÓŁ	n_L	obr/min.	19	18,9	17,3	20		
	M_L	Nm	61,0	54,45	66,56	144		
	M_{maxL}	Nm	557,4	524,7	349,4	504		
	m_Z	kg	4,1	5,2	5,8	27,3		
	l_Z/D_Z	—	1,43	1,88	1,53	2,36		

TABLICA 3 cd.

SILNIK / RODZAJ			SPSME TARCZ.	SPSME CYLIN.	SPSME CYLIN.	SKOKOWY		
	TYP, FIRMA		F9M4H CEM	3435 ACUTRONIC	5115 ACUTRONIC	ZSS161-200-15 PHYTRON		
	PARAMETR	JEDN.						
OŚ 9	J_{ZL}	kgm^2	15,36	15,48	19,12	16,14		
	m_z/M_L	$\frac{kg}{Nm}$	0,067	0,096	0,087	0,190		
	J_{ZL}/M_L	s^2	0,25	0,280	0,287	0,112		
	J_{ZL}/M_{maxL}	s^2	0,028	0,030	0,055	0,032		
OŚ 8	J_{ZL}	kgm^2	4,66	4,78	8,42	5,44		
	m_z/M_L	$\frac{kg}{Nm}$	0,067	0,096	0,087	0,190		
	J_{ZL}/M_L	s^2	0,076	0,088	0,127	0,038		
	J_{ZL}/M_{maxL}	s^2	$8,36 \cdot 10^{-3}$	$9,11 \cdot 10^{-3}$	$24,0 \cdot 10^{-3}$	$10,8 \cdot 10^{-3}$		
OŚ 7	J_{ZL}	kgm^2	6,56	6,68	10,32	7,34		
	m_z/M_L	$\frac{kg}{Nm}$	0,067	0,096	0,087	0,190		
	J_{ZL}/M_L	s^2	0,108	0,123	0,155	0,051		
	J_{ZL}/M_{maxL}	s^2	0,012	0,013	0,030	0,015		
OŚ 2	J_{ZL}	kgm^2	1,84	1,96	5,6	2,62		
	m_z/M_L	$\frac{kg}{Nm}$	0,067	0,096	0,087	0,190		
	J_{ZL}/M_L	s^2	0,030	0,036	0,084	0,018		
	J_{ZL}/M_{maxL}	s^2	$3,30 \cdot 10^{-3}$	$3,74 \cdot 10^{-3}$	$16,0 \cdot 10^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$		
OŚ V	J_{ZL}	kgm^2	1,6	1,72	5,36	2,38		
	m_z/M_L	$\frac{kg}{Nm}$	0,067	0,096	0,087	0,190		
	J_{ZL}/M_L	s^2	0,026	0,032	0,081	0,017		
	J_{ZL}/M_{maxL}	s^2	$2,87 \cdot 10^{-3}$	$3,28 \cdot 10^{-3}$	$15,0 \cdot 10^{-3}$	$4,72 \cdot 10^{-3}$		

PORÓWNANIE NAPĘDÓW ROBOTA IRb-60 Z RÓŻNYMI SILNIKAMI

TABLICA 4

	SILNIK TYP, FIRMA / RODZAJ		SPSME TARCZ.	SPSME CYLIN.	SPSME CYLIN.			
			M19P	DF-4-K7708	5160			
	PARAMETR	JEDN.	CEM	WAMEL	ACUTRONIC			
SILNIK	P_{2N}	kW	1,0	1,40	0,667			
	n_H	$\frac{obr.}{min}$	3000	2000	1700			
	M_H	Nm	3,2	6,7	3,75			
	M_{maxH}	Nm	24,4	61,5	16,9			
	$\frac{M_{maxH}}{M_H}$	—	7,63	8,31	4,51			
	m	kg	13,5	19,0	15,4			
	l	mm	110	257*	228			
	D	mm	228	184	127			
	l/D	—	0,484	1,40*	1,80			
	J_s	kgm^2	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$11,8 \cdot 10^{-3}$	$1,69 \cdot 10^{-3}$			
	T_m	ms	9,2	17,33	5,4			
	T_a	ms		4,5	2,5			
PRZEKŁADNIA	i	—	1:200	1:120	1:120			
	η	—	0,70	0,73	0,73			
	m_P	kg	4,6	4,6	4,6			
ZESPÓŁ	n_L	$\frac{obr.}{min.}$	15	16,67	14,17			
	M_L	Nm	448	587	328			
	M_{maxL}	Nm	3360	5387	1480			
	m_Z	kg	18,7	23,6	20,0			
	l_Z/D_Z	—	0,965	2,01*	2,01			

* z P.T.

TABLICA 4 cd.

SILNIK / RODZAJ			SPSME TARCZ.	SPSME CYLIN.	SPSME CYLIN.			
	TYP, FIRMA		M19P CEM	DF-4-K-7708 WAMEL	5160 ACUTRO-NIC			
	PARAMETR	JEDN.						
OŚ 9	J_{ZL}	kgm^2	574	696	550			
	m_z/M_L	$\frac{kg}{Nm}$	0,042	0,040	0,061			
	J_{ZL}/M_L	s^2	1,28	1,19	1,68			
	J_{ZL}/M_{maxL}	s^2	0,171	0,133	0,372			
OŚ ②	J_{ZL}	kgm^2	220	452	160,7			
	m_z/M_L	$\frac{kg}{Nm}$	0,030	0,028	0,043			
	J_{ZL}/M_L	s^2	0,357	0,544	0,346			
	J_{ZL}/M_{maxL}	s^2	0,047	0,059	0,077			
OŚ γ	J_{ZL}	kgm^2	263	495	203,7			
	m_z/M_L	$\frac{kg}{Nm}$	0,030	0,028	0,043			
	J_{ZL}/M_L	s^2	0,427	0,596	0,439			
	J_{ZL}/M_{maxL}	s^2	0,056	0,065	0,098			
OŚ 7	J_{ZL}	kgm^2	57,6	179,6	33,9			
	m_z/M_L	$\frac{kg}{Nm}$	0,042	0,040	0,061			
	J_{ZL}/M_L	s^2	0,129	0,306	0,103			
	J_{ZL}/M_{maxL}	s^2	0,017	0,033	0,023			
OŚ V	J_{ZL}	kgm^2	57,6	179,6	33,9			
	m_z/M_L	$\frac{kg}{Nm}$	0,042	0,040	0,061			
	J_{ZL}/M_L	s^2	0,129	0,306	0,103			
	J_{ZL}/M_{maxL}	s^2	0,017	0,033	0,023			

TABLICA 5 PORÓWNANIE SILNIKÓW TARCZOWYCH.

PARAMETR \ TYP, FIRMA		JEDN	F9M4H CEM(F)	ZPTM-90 WAMEL(PL)	SRI-D1 ICPE(R)	
Moment znamionowy	M_H	Nm	0,537	0,537	0,57	
PRĘDKOŚĆ OBR. ZNAMION.	n_H	obr/min	3000	3000	3000	
PRĄD ZNAMION.	I_N	A	6,5	7,0	11,0	
NAPIĘCIE ZNAMION.	U_N	V	35	35	24	
WSPÓŁCZ. MOMENTU	K_T	$\frac{Nm}{A}$	$88 \cdot 10^{-3}$	$8,4 \cdot 10^{-3}$	$60 \cdot 10^{-3}$	
MOMENT BEZWŁ. WIRNIKA	J_S	kgm^2	$0,34 \cdot 10^{-4}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	
MASA	m	kg	2,8		7,5	
ZAKRES TEMP. PRACY	—	°C	-25...40	0...40		
MOC WYD. ZNAMION.	P_{2N}	W	168	160	180	
MOMENT MAKSYM.	M_{max}	Nm	4,9		3,4	
PRĘDKOŚĆ OBR MAKSYM.	n_{max}	obr/min	8000	8000	3600	
PRĄD IMP. MAKSYM	I_{max}	A	55		76	
WSP. NAPIĘCIA INDUK.	K_E	Vs	0,092	0,0924	0,06	
STAŁA TŁUM. LEPKIEGO	K_D	Nms	$0,08 \cdot 10^{-3}$		$0,13 \cdot 10^{-3}$	
Indukcyjność WIRNIKA	L_a	mH	<0,1	0,07	<0,1	
MOMENT TARCIA STATYCZNEGO	M_T	Nm	$25 \cdot 10^{-3}$		$87 \cdot 10^{-3}$	
STAŁA CZASOWA EL-MECH	T_m	ms	4,5	6,6	25	
STOPIEŃ OCHRONY	IP	—	44/00	42	44	
ŚREDNICA	D	mm	110	110	182	
DŁUGOŚĆ	L	mm	64	64	115	
ŚREDNICA KOŁNIERZA	D_K	mm	75	75	180	
ŚREDNICA OKR. OTW. MONT.	D_0	mm	88	88	215	
ŚREDNICA WAŁU	d	mm	12,7	12,7	14,0	
DŁUGOŚĆ KOŃCA WAŁU	l_1	mm	40	40	30	
PRZEWIETRZANIE	—		własne	własne	własne	

TABLICA 6 PORÓWNANIE SILNIKÓW TARCZOWYCH.

PARAMETR \ TYP, FIRMA		JEDIN	M 19P CEM(F)	PTM-200 WAMEL(PL)	SRI-D3 ICPE(R)	
Moment znamionowy	M_H	Nm	3,2	3,2	4,77	
PRĘDKOŚĆ OBR. ZNAMION.	n_H	obr/min	3000	3000	3000	
PRĄD ZNAMION.	I_N	A	14,4	14,5	23,0	
NAPIĘCIE ZNAMION.	U_N	V	90	90	80	
WSPÓŁCZ. MOMENTU	K_T	$\frac{Nm}{A}$	0,244	0,250	0,230	
MOMENT BEZWŁ. WIRNIKA	J_S	kgm^2	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	
MASA	m	kg	13,5	13,5	25,5	
ZAKRES TEMP. PRACY	—	°C	-25...40	0...40		
MOC WYD. ZNAMION.	P_{2N}	W	1000	1000	1500	
MOMENT MAKSYM.	M_{maxH}	Nm	24,4		28,2	
PRĘDKOŚĆ OBR MAKSYM.	n_{maxH}	obr/min	5000	5000	3600	
PRĄD IMP. MAKSYM	I_{max}	A	100		150	
WSP. NAPIĘCIA INDUK.	K_E	Vs	0,255	0,255	0,230	
STAŁA TŁUM. LEPKIEGO	K_D	Nms	$0,8 \cdot 10^{-3}$		$2,0 \cdot 10^{-3}$	
Indukcyjność WIRNIKA	L_a	mH	<0,1	<0,1	<0,1	
MOMENT TARCIA STATYCZNEGO	M_T	Nm	0,1		0,30	
STAŁA CZASOWA EL-MECH	T_m	ms	9,2	11,0	12,0	
STOPIEŃ OCHRONY	IP	—	44	42	44	
ŚREDNICA	D	mm	228	230	282	
DŁUGOŚĆ	L	mm	110	80	164,5	
ŚREDNICA KOŁNIERZA	D_K	mm	130	130	130	
ŚREDNICA OKR. OTW. MONT.	D_0	mm	165	165	320	
ŚREDNICA WAŁU	d	mm	19	19	24	
DŁUGOŚĆ KOŃCA WAŁU	l_H	mm	66	63,6	50	
PRZEWIETRZANIE	—		własne	własne	własne	