

74 A
PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP

Al. Jerozolimskie 202

02-222 Warszawa

Telefon 23-70-81

Zakład Pomiaru Ciśnienia i Temperatury

Główny wykonawca mgr inż. Janusz Szewczyk

Wykonawcy Waldemar Sadowy, Jan Chodakowski,
mgr inż. T. Majdan

Konsultant mgr inż. Maciej Oleksiuk

Nr zlecenia

RP-60.4

Zespolony czujnik, siły.

Punkt kontrolny 5.

Zadanie 5.2. Wykonanie i badanie
prototypu.

Zleceniodawca CPBR 7.1 cel nr 60

Pracę rozpoczęto dnia 90.01.02

Z-ca Dyrektora
d/s Automatyki

zakończono dnia 90.07.30

Kierownik Zakładu

mgr inż. L. Guzy

dr inż. Tadeusz Gałazka

Praca zawiera:

stron 20

rysunków

fotografii

tabel 4

tablic 8

załączników

Rozdzielnik - ilość egz:

Egz. 1 PIAP-BOINTE

Egz. 2 PIAP-DPP

Egz. 3 PIAP-DPP

Egz. 4

Egz. 5

Egz. 6

Nr rejestr. 6492

Analiza deskryptorowa

ZESPOLONY CZUJNIK SIŁY. BUDOWA PROTOTYPU. BADANIA.
ROBOT PRZEMYSŁOWY.

Analiza dokumentacyjna

Praca zawiera sprawozdanie z badań pełnych prototypu czujnika zespolonego siły. Opis i wyniki badań, zestawienie wyników, wnioski.

Tytuły poprzednich sprawozdań

Czujnik sił i momentów. Punkt kontrolny 2. Studia i założenia. Nr rejestr. 5917.

Zespolony czujnik siły. Punkt kontrolny 4. Opracowanie, wykonanie i badanie modeli czujników.

Spis treści

1. Przedmiot i zakres pracy
2. Podstawa wykonania pracy
3. Badania wykonane w PIAP DPP
 - 3.1. Wstęp
 - 3.2. Opis prób i wyniki badań
4. Badania wykonane w PIAP *OSN*
 - 4.1. Wstęp
 - 4.2. Opis prób i wyniki badań
 - 4.3. Orzeczenie
 - 4.4. Uwagi do projektu normy zakładowej
5. Zestawienie całości wyników. Omówienie wyników badań

1. Przedmiot i zakres pracy

Przedmiotem pracy jest wykonanie i badania pełne prototypu zespolonego czujnika siły. Prototyp wykonano na podstawie dokumentacji technicznej opracowanej w ramach p-ktu kontrolnego 5.1.

Prototyp czujnika wykonano z dwoma wariantami realizacji pomiaru składowej „Z”. Po sprawdzeniu wstępnym obu wariantów do badań pełnych zakwalifikowany będzie wariant korzystniejszy.

Ponadto zostały wykonane 2 kontrolne czujniki siły, które zostały sprawdzone i wywzorcowane w PKNMiJ i wykorzystywane są do zadawania siły wejściowej na badany czujnik zespolony. Częścią dokumentacji technicznej jest norma zakładowa zawierająca wymagania i program oraz opis badań.

Badania przeprowadzono na podstawie powyższej normy.

Ze względu na to, że po badaniach laboratoryjnych przewidziane są, nie wchodzące w zakres prac zadania 5.2, próby obiektowe czujnika /praca na telemanipulatorze/ z programu badań wyłączono 3 sprawdzenia, które w przypadku wyniku negatywnego mogłyby spowodować uszkodzenie czujnika i utrudnić przeprowadzenie prób współpracy czujnika z telemanipulatorem.

Z programu badań wyłączono następujące sprawdzenia: sprawdzenie wytrzymałości elektrycznej izolacji, sprawdzenie wytrzymałości na udary wielokrotne, sprawdzenie wytrzymałości na wibracje sinusoidalne.

Drugim istotnym powodem wyłączenia z programu badań sprawdzeń wytrzymałości na udary wielokrotne i wibracje sinusoidalne jest zbyt mały udźwig, w stosunku do masy czujnika, urządzeń wstrząsowych jakie są na wyposażeniu OBN.

Należy jednocześnie zauważyć, że próby obiektowe czujnika będą dość miarodajnym sprawdzianem jego odporności i wytrzymałości na wstrząsy i wibracje.

Badania czujnika przeprowadzono w OBN PIAP w zakresie wymagań konstrukcyjnych określonych w p. 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3, 2.2.4, 2.2.8.2, ZN oraz wymagań środowiskowo-użytkowych określonych w p. 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.3.6 i 2.3.10 ZN, a pozostałe badania wykonano w PIAP DPP.

2. Podstawa wykonania pracy

Podstawą wykonania pracy jest „Umowa Generalna” o wykonanie prac objętych Centralnym Planem Badawczo Rozwojowym Nr 7.1 p.n. „Roboty przemysłowe”, zawarta w dniu 1986.07.31, pomiędzy Urzędem Postępu Naukowo-Technicznego i Wdrożeń i byłym Ministerstwem Hutnictwa i Przemysłu Maszynowego, a Przemysłowym Instytutem Automatyki i Pomiarów jako generalnym wykonawcą.

W ramach etapu II celu realizacyjnego nr 60 p.n. „Czujniki do budowy robotów przemysłowych i ich aplikacji”, jest realizowane zadanie wdrożeniowe p.n. „Zespolony czujnik siły”.

W ramach punktu kontrolnego tego zadania realizowane jest zadanie 5.1 p.n. „Wykonanie i badanie prototypów”.

3. Badania wykonane w PIAP DPP

3.1. Wstęp

3.1.1. Zakres badań

Badania przeprowadzono w zakresie wymagań określonych w p. 2.2.10, 2.1.1, 2.1.2, 2.1.6, 2.1.7, 2.1.8, 2.2.7, 2.3.9 wg ZN.

3.1.2. Stanoisko pomiarowe i metodyka wykonania pomiaru.

Badania w zakresie wymagań zawartych w p. 2.1.1, 2.1.2, 2.1.6, 2.1.7, 2.3.9 przeprowadzono na stanowisku pomiarowym omówionym w p. 4.3 ZN, gdzie podany jest również układ pomiarowy i zestaw aparatury oraz opis sposobu wykonania pomiarów. Dalsze opisy badań podane są w p. 4.4 ZN, a opis czynności i układ pomiarowy do sprawdzenia wymagań zawartych w p. 2.1.8 i 2.2.7 podany jest na rys. 8012/Zsp 10..

3.1.3. Dokumenty związane

Projekt Normy Zakładowej: „Zespolony 3-osiowy czujnik siły” ZN-89/... - w niniejszym sprawozdaniu skrótkowo przywołano „ZN”.

Rysunek. Zsp 10 z dokumentacji 8012 PIAP

PN-80/M-42020 Automatyka i pomiary przemysłowe.
Ogólne wymagania i badania.

PN-85/M-42057 Przetworniki pomiarowe wielkości
nieelektrycznych. Badania.

3.2. Opis prób i wyniki

3.2.1. Sprawdzenie materiałów. Wymaganie wg p. 2.2.10 ZN.
Materiały do wykonania czujnika zamawiane były
zgodnie z dokumentacją techniczną.

3.2.2. Sprawdzenie odporności na przeciążenie.
Wymaganie wg p. 2.3.9 ZN.
Sposób wykonania sprawdzenia wg p. 4.4.14 ZN.
Wyniki sprawdzenia w tablicy 6.

3.2.3. Sprawdzenie błędu dodatkowego wywołanego zmianą
rezystancji obciążenia. Wymaganie wg p. 2.1.8 ZN.
Układ pomiarowy i sposób wykonania pomiaru wg
rys. 8012/Zsp10.
Wyniki pomiarów zawarte są w tablicy 7.

3.2.4. Sprawdzenie błędu dodatkowego od wpływu zmian napięcia
zasilania. Wymaganie wg p. 2.1.8 ZN.
Układ pomiarowy i sposób wykonania wg rys. 8012/Zsp10.
Wyniki sprawdzenia zawarte są w tablicy 8.

3.2.5. Sprawdzenie poboru mocy. Wymaganie wg p. 2.2.7 ZN.
Układ pomiarowy i sposób wykonania pomiaru
wg rys. 8012/Zsp10.
Wyniki pomiaru

Pobór prądu z +15 V $I_1 = 65 \text{ mA}$

" " z -15 V $I_2 = 5 \text{ mA}$

Pobór mocy $P = (I_1 + I_2) \cdot 15 \text{ A/V} = 1,05 \text{ W}$

Zgodnie z wymaganiami p. 2.2.7 pobór mocy nie powinien
przekraczać 1,5 W.

Wynik sprawdzenia jest pozytywny.

3.2.6. Sprawdzenie charakterystyk statycznych błędów podstawowych, histerezy, oraz wpływu sił działających w kierunku poszczególnych osi na sygnały wyjściowe kierunków pozostałych.

Wymagania wg p. 2.1.1, 2.1.2 i 2.1.6 ZN.

Układ pomiarowy i sposób przeprowadzenia pomiarów oraz obliczanie błędów wg p. 4.4.6 ZN.

Wyniki pomiarów zestawione są w tablicy nr 1 i 2.

3.2.7. Sprawdzenie błędu dodatkowego od wpływu składowych pozostałych na składową mierzoną siły wejściowej.

Wymagania wg p. 2.1.6 ZN.

Układ pomiarowy, sposób wykonania pomiarów oraz obliczenia błędów wg p. 4.4.7 ZN.

Wyniki pomiarów zawarte są w tablicy nr 3, 4 i 5.

Tablica 1 Wyniki sprawdzania błędu podstawowego, histerezy oraz wpływu składowej mierzonej na sygnały wyjściowe kierunków pozostałych:

Siła wejściowa [N] dla kierunku			Sygnał wyjściowy dla kierunków Y, X, Z [V]																	
Y	X	Z	Y						X						Z					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
00	0	0																		
-1000	0	0	4,90	4,93	4,87	4,91	4,84	4,89	0,27	0,24	0,32	0,29	0,23	0,27	0,99	0,59	0,91	0,45	0,83	0,59
-4500	0	0	2,47	2,59	2,48	2,60	2,45	2,54	0,23	0,22	0,33	0,31	0,27	0,31	0,20	0,47	0,16	0,31	0,05	0,52
-8000	0	0	-0,12	0,01	-0,04	0,01	-0,02	0,02	0,20	0,21	0,37	0,23	0,32	0,35	0,18	-0,24	0,01	-0,13	-0,07	0,09
-11500	0	0	-2,86	-2,71	-2,66	-2,57	-2,52	-2,51	0,19	0,21	0,21	0,25	0,20	0,23	0,61	0,69	0,71	0,51	0,61	0,51
-15000	0	0	-5,38	-5,29	-5,18	-5,10	-5,20	-5,10	0,15	0,22	0,24	0,28	0,25	0,21	0,83	0,72	0,79	0,91	1,12	0,92
-8000	5000	0	0,09	0,10	0,07	0,17	0,31	0,27	4,87	4,85	4,92	4,95	4,80	4,61	0,48	0,71	0,60	0,65	0,70	0,80
-8000	3000	0	0,14	0,11	0,19	0,20	0,15	0,23	2,67	2,61	2,50	2,45	2,51	2,41	0,41	0,46	0,49	0,56	0,35	0,56
-8000	1000	0	0,21	0,11	0,17	0,21	0,22	0,31	1,02	0,82	0,91	0,83	0,85	0,75	0,35	0,27	0,11	0,31	0,15	0,27
-8000	000	0	0,21	0,18	0,27	0,19	0,09	0,27	0,19	0,15	0,68	0,15	0,21	0,28	0,12	-0,03	0,05	-0,10	0,12	0,09
-8000	000	0	0,22	0,16	0,15	0,15	0,17	0,17	0,14	0,23	0,11	0,27	0,19	0,25	0,03	0,31	0,14	-0,05	0,22	0,05
-8000	-1000	0	0,20	0,15	0,15	0,14	0,20	0,28	-0,62	-0,57	-0,11	-0,58	-0,63	-0,61	0,41	0,41	0,21	0,03	0,21	0,06
-8000	-3000	0	0,15	0,62	0,15	0,07	0,16	0,21	-2,65	-2,39	-2,79	-2,65	-2,55	-2,47	0,60	0,52	0,29	0,37	0,26	0,21
-8000	-5000	0	0,02	0,01	0,20	0,15	0,17	0,21	-5,11	-5,01	-5,20	-5,35	-4,92	-5,10	0,81	0,78	0,70	0,65	0,87	0,83
-8000	0	5000	0,33	0,28	0,22	-0,09			0,32	0,34	0,35	0,21			4,75	4,92	4,68	4,72		
-8000	0	3000	0,21	0,19	0,04	-0,09			0,33	0,31	0,34	0,34			2,72	2,87	2,88	2,91		
-8000	0	1000	0,04	0,10	-0,9	-0,15			0,32	0,34	0,31	0,29			0,72	0,96	0,81	0,97		
-8000	0	000	-0,06	-0,15	-0,18	-0,23			0,28	0,32	0,29	0,25			-0,25	-0,09	-0,31	-0,22		
-8000	0	000	-0,06	-0,21	-0,19	-0,27			0,29	0,29	0,31	0,28			-0,87	-1,10	-1,10	-1,25		
-8000	0	-1000	-0,12	-0,18	-0,29	-0,31			0,31	0,28	0,32	0,31			-2,64	-2,75	-2,81	-2,90		
-8000	0	-3000	-0,23	-0,31	-0,41	-0,47			0,32	0,31	0,29	0,28			-4,59	-4,79	-4,85	-4,97		
-8000	0	-5000	-0,34	-0,38	-0,53	-0,39			0,33	0,31	0,31	0,34								

Tablica 2 Charakterystyki średnie z tablicy 1. Błędy podstawowe, histereza.

Siła wejściowa [N] dla kierunku			Charakterystyki średnie		Histereza		Błęd. podst.		Charakterystyki średnie		Histereza		Błęd. podst.		Charakterystyki średnie		Histereza		Błęd. podst.	
Y	X	Z	Y		X		Z		Y		X		Z		Y		X		Z	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
					%	%	%	%			%	%	%	%			%	%	%	%
00	0	0																		
-1000	0	0	4.87	4.91		0.8	2.6		0.27	0.27					0.91	0.54				
-4500	0	0	2.47	2.58		2.1	1.6		0.28	0.28					0.14	0.43				
-8000	0	0	-0.06	0.013		4.4	4.2		0.30	0.26					0.04	-0.09				
-11500	0	0	-2.68	-2.6	3	4.6	3.6		0.20	0.23					0.64	0.57				
-15000	0	0	-5.25	-5.16		1.8	5	7.6	0.21	0.24					0.91	0.87				
-8000	5000	0	0.14	0.16					4.86	4.8		1.2	4.0		0.59	0.72				
-8000	3000	0	0.16	0.18					2.56	2.5		4.2	4.2		0.42	0.53				
-8000	1000	0	0.2	0.21					0.93	0.8		2.6	4.0		0.20	0.28				
-8000	000	0	0.19	0.21					0.36	0.19	196	5.4	4.2		0.097	-0.013				
-8000	000	0	0.18	0.16					0.18	0.25		1.4	5.0		0.13	0.1				
-8000	-1000	0	0.18	0.19					-0.62	-0.59		0.6	8.2	8.4	0.28	0.17				
-8000	-3000	0	0.15	0.31					-2.66	-2.5		3.2	3.2		0.38	0.36				
-8000	-5000	0	0.15	0.12					-6.08	-5.15		1.4	3.0		0.79	0.77				
-8000	0	5000	0.28	0.01					0.34	0.28					4.77	4.82		1.0	4.6	6.4
-8000	0	3000	0.13	0.05					0.34	0.33					2.8	2.89		1.8	4.0	
-8000	0	1000	-0.43	-0.03					0.32	0.32					0.77	0.97		4.0	4.6	
-8000	0	000	-0.12	-0.19					0.29	0.29					-0.28	-0.16		2.4	5.6	
-8000	0	000	-0.13	-0.24					0.3	0.29										
-8000	0	-1000	-0.21	-0.25					0.32	0.3										
-8000	0	-3000	-0.32	-0.39					0.31	0.3					-0.99	-1.12	4.6	3.8	2.4	
-8000	0	-5000	-0.44	-0.39					0.32	0.28					-2.72	-2.83		2.0	5.4	
															-4.72	-4.88		0.8	5.6	

10,2 % max

6

Tablica 3 Wyniki sprawdzenia wpływu składowej Y na składowe X, Z

Tablica Wyniki sprawdzenia wpływu składowej Z na składowe Y, X

Siła wejściowa [N] dla kierunków Y, X, Z			Sygnał wyjściowy dla kierunków Y, X, Z w [V]			Błąd od wpływu Y na X, Z w [%]					Siła wejściowa dla kierunków Y, X, Z w [N]			Sygnał wyjściowy dla kierunków Y, X, Z w [V]			Błąd od wpływu Z na Y, X w [%]				
Y	X	Z	Y	X	Z	X	Z		10	11	Y	X	Z	Y	X	Z	Y	X		20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9			12	13	14	15	16	17	18	19			
-1000	0	0	+4,41	+0,32	+0,83						0	0	0	-0,30	-0,22	-0,13					
-1000	-1000	0	+4,68	+0,26	-0,18						-8000	-1000	0	+0,18	+0,69	-0,15					
-8000	-1000	0	+0,30	+0,34	-0,42	+1,6	-4,6				-8000	-1000	+5000	+0,87	+0,87	+5,45	-8,2	+3,6			
-18000	-1000	0	-5,52	+0,36	-0,91	+2,0	-14,4				-8000	-1000	-5000	+0,57	+0,58	-5,10	0	-2,2			
-1000	-3000	0	+4,66	-2,16	-0,33						-8000	-3000	0	+2,58	+2,58	+0,25					
-8000	-3000	0	-0,31	-2,55	-0,21	-2,1	+2,0				-8000	-3000	+5000	+2,43	+2,73	+5,40	+3,2	+3,0			
-18000	-3000	0	-5,43	-2,82	+0,53	-3,2	-17,2				-8000	-3000	-5000	+2,42	+2,42	-5,20	+1,8	+3,2			
-1000	-5000	0	+4,63	-4,27	-0,25						-8000	-5000	0	+4,89	+4,89	+0,31					
-8000	-5000	0	-0,31	-4,54	+0,29	-5,4	+0,8				-8000	-5000	+5000	+4,82	+4,82	+5,45	+7,8	-1,4			
-15000	-5000	0	-5,53	-4,57	+0,77	-6,0	+20,4				-8000	-5000	-5000	+4,56	+4,56	-5,15	+2,0	-6,6			
-1000	+1000	0	+4,73	+4,83	-0,47						-8000	+1000	0	-0,95	-0,95	+0,62					
-8000	+1000	0	-0,21	+0,74	+0,15	-1,4	+12,4				-8000	+1000	+5000	-0,87	-0,87	+4,63	-1,0	+1,6			
-15000	+1000	0	-5,42	+0,67	+0,51	-3,2	+19,6				-8000	+1000	-5000	-0,72	-0,72	-5,40	-1,4	+4,6			
-1000	+3000	0	+4,72	+9,87	-0,12						-8000	+3000	0	-2,57	-2,57	-0,24					
-8000	+3000	0	-0,23	+2,98	+0,37	+0,2	+9,8				-8000	+3000	+5000	-2,31	-2,31	+4,71	+1,0	+5,2			
-18000	+3000	0	+5,43	+2,65	+0,85	-6,4	+19,0				-8000	+3000	-5000	-2,01	-2,01	-5,31	+1,6	+11,2			
-1000	+5000	0	+4,75	+5,39	+0,11						-8000	+5000	0	-4,56	-4,56	+0,51					
-8000	+5000	0	-0,16	+5,28	+0,32	-2,2	+4,2				-8000	+5000	+5000	-4,87	-4,87	-4,61	-0,4	-6,2			
-15000	+5000	0	-5,29	+5,03	+1,02	-7,2	+18,1				-8000	+5000	-5000	-4,98	-4,97	-5,51	-1,6	-8,4			

Tablica 6 Wyniki sprawdzenie odporności na przeciążenie.

Siły powodujące dla kierunków Y, X, Z [N]			sygnał wyjściowy dla składowych Y, X, Z [V]				Błąd od użytku przeciążenia nie składowe Y, X, Z [V]		
Y	X	Z		Y	X	Z	Y	X	Z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-22000	0	0	przed przeciążeniem	+5,44	+0,09	+0,17	4,2	1,6	7,2
			po przeciążeniu	+5,66	+0,16	+0,43			
0	-10000	0	przed przeciążeniem	+5,42	+0,03	+0,41	2,2	2,8	2,2
			po przeciążeniu	+5,52	+0,12	+0,30			
0	+10000	0	przed przeciążeniem	+5,52	+0,06	+0,52	0,2	1,8	2,2
			po przeciążeniu	+5,51	+0,15	+0,41			
0	0	-10000	przed przeciążeniem	+5,44	+0,07	+0,04	0,8	2,2	7,4
			po przeciążeniu	+5,45	+0,18	+0,46			
0	0	+10000	przed przeciążeniem	+5,44	+0,11	+0,38	1,0	1,4	6,0
			po przeciążeniu	+5,44	+0,18	+0,08			
Maksymalny błąd od użytku przeciążenia 7,4%, błąd dopuszczalny 10%. Nie stwierdzono żadnych uszkodzeń mechanicznych									
Wynik sprawdzenia pozytywny.									

Tablica 7 Wyniki sprawdzenia błędów od użytku zmian występlę obciążenia

Składowe siły wyjściowe			Korzystanie z obciążenia [kn]		Błąd [%]
			∞	2	
			sygnał wyjściowy [V]		Błędy nie znaczące
Y					
	X				
		Z			
Wynik sprawdzenia pozytywny					

Tablica 8 Wyniki sprawdzenia błędów od użytku napięcia zasilania

Napięcie zasilania			Błąd max %
-15, H5V -5%	-15, H5V +2,1%	-15, H5V +5%	
sygnał wyjściowy [V]			
5,004	5,010	5,013	+ 0,12%
5,004	5,004	5,013	0,10%
4,997	5,002	5,005	0,10%
Błąd dopuszczalny < 15%, Wynik sprawdzenia pozytywny			

4. Badania wykonane w PIAP OBN

4.1. Wstęp

4.1.1. Przedmiot i cel badań

Przedmiotem badań był trzyosiowy, zespolony czujnik siły, przeznaczony do pracy w telemanipulatorze, jako element układu siłowego sprzężenia zwrotnego.

Badaniom poddano 1 egz. prototypowy czujnika w celu sprawdzenia zgodności wykonania z wymaganiami konstrukcyjnymi i środowiskowo-użytkowymi, określonymi w dokumencie 1.2.1.

4.1.2. Dokumenty związane

4.1.2.1. Norma Zakładowa (projekt) ZN-89 - bez numeru

4.1.2.2. PN-80/M-42020. Automatyka i pomiary przemysłowe. Urządzenia. Ogólne wymagania i badania

4.1.2.3. Wyroby elektrotechniczne. Próby środowiskowe. ~~Wymagania i badania~~
Ogólne wymagania i badania: PN-84/E-04601...04503

4.1.2.4. PN-79/E-08106. Obudowy urządzeń elektrotechnicznych. Stopnie ochrony. Podział, wymagania i badania

4.1.3. Zakres badań

Zakres badań obejmował:

- spr. wymagań konstrukcyjnych, określonych w pkt 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3, 2.2.4, 2.2.8.2 ZN,
- spr. wymagań środowiskowo-użytkowych, określonych w pkt 2.3.1+2.3.6 i 2.3.10, 2.1.8 ZN.

4.1.4. Stanowisko pomiarowe i metoda wykonywania pomiarów

Do badań użyto:

- komorę klimatyczną Votsch
- megaozmierz induktorowy IMI-1

oraz zasilacz DC ± 15 V i woltomierz cyfrowy dołączone do badanego czujnika.

Pomiarom w warunkach próby podlegały wartości napięć stałych sygnałów wyjściowych, odpowiadających składowym x, y, z siły wejściowej oddziaływującej na zespolony czujnik siły, o nominalnej wartości zerowej (czujnik nieobciążony). Na podstawie wyników pomiaru napięć przed

4.2.3. Sprawdzenie odporności i wytrzymałości na suche gorąco pkt 4.4.8 ZN

Podczas stabilizowania wstępnego w warunkach odniesienia (pkt 4.3.1 ZN) w czasie 2 h dokonano pomiaru napięć wyjściowych U_x , U_y , U_z . Następnie poddano czujniki narażeniom oddziaływania termicznego w czasie po 3 h kolejno w temperaturach $+40^{\circ}\text{C}$ i $+55^{\circ}\text{C}$, z załączonym zasilaniem $\pm 15\text{ V}$. Zachowując temperaturę $+55^{\circ}\text{C}$ na przeciąg 5 h wyłączyło zasilanie czujnika, a następnie po 3 h reklimatyzacji w warunkach odniesienia, załączono zasilanie czujnika i dokonano pomiaru napięć wyjściowych. Wyniki pomiarów napięć wyjściowych oraz obliczonych wartości błędów dodatkowych w ustabilizowanych warunkach termicznych zawiera tabela 1.

Tabela 1

Warunki środowiska	$+20^{\circ}\text{C}$	$+40^{\circ}\text{C}$	$+55^{\circ}\text{C}$	$+55^{\circ}\text{C}$	$+20^{\circ}\text{C}$
Czas stabilizacji	2 h	3 h	3 h	5 h	3 h
U_x (mV)	-846	-891	-891	-	-811
$\delta_t(x)$ (%)	0	+0,45	+0,3	-	-0,7 $\approx$)
U_y (mV)	-827	-814	-800	-	-844
$\delta_t(y)$ (%)	0	-0,13	-0,19	-	+0,34 $\approx$)
U_z (mV)	-644	-611	-583	-	-650
$\delta_t(z)$ (%)	0	+0,33	+0,45	-	+0,12 $\approx$)

$\approx$) błąd δ_n

Błędy dodatkowe, temperaturowe δ_t nie przekroczyły wartości $\pm 2,5\text{ \%/}10^{\circ}\text{C}$, zaś błędy wynikłe z oddziaływania narażeń (od początku do końca próby) - δ_n nie przekroczyły wartości $\pm 5\text{ \%}$.
Wynik próby dodatni.

4.2.4. Sprawdzenie odporności i wytrzymałości na zimno (próba Ab wg PN-84/E-04601) - pkt 4.4.9 ZN

Czujnik poddano stabilizowaniu wstępnemu w warunkach odniesienia (pkt 4.3.1 ZN) w czasie 2 h dokonując pomiaru napięć wyjściowych U_x , U_y , U_z .

Następnie poddano czujnik narażeniom oddziaływania termicznego kolejno w temp. $+5^\circ\text{C}$ w czasie 3 h oraz w temp. -25°C w czasie 8 h, z pomiarem napięć wyjściowych w ustabilizowanych warunkach temperaturowych.

Po wyłączeniu zasilania czujnika przeprowadzono stabilizowanie końcowe w czasie 3 h w warunkach odniesienia, a następnie włączono zasilanie i dokonano pomiaru napięć wyjściowych. Wyniki pomiarów zawiera tabela 2.

Tabela 2

Warunki środowiska	$+20^\circ\text{C}$	$+5^\circ\text{C}$	-25°C	-25°C	$+20^\circ\text{C}$
Czas stabilizacji	2 h	3 h	4 h	8 h	3 h
U_x (mV)	-811	-711	-781	-828	-866
$\delta_t(x\%)$	0	+0,53	+0,13	-0,08	+1,1 $\pm$)
U_y (mV)	-844	-809	-792	-612	-874
$\delta_t(y) (\%)$	0	+0,47	+0,19	+1,03	+0,6 $\pm$)
U_z (mV)	-650	-703	-628	-560	-638
$\delta_t(z) (\%)$	0	-0,7	+0,1	+0,4	-0,24 $\pm$)

$\pm$) błąd δ_n

Błędy dodatkowe, temperaturowe δ_t nie przekroczyły wartości $\pm 2,5 \%/10^\circ\text{C}$, zaś błędy wynikłe z oddziaływania narażeń (od początku do końca próby) nie przekroczyły wartości 5 %.

Wynik próby dodatni.

4.2.5. Sprawdzenie odporności i wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe pkt 4.4.11 ZN

Próbę odporności i wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe wykonano wg PN-84/E-04603.

W okresie czasu ponad 3 h stabilizacji w normalnych warunkach atmosferycznych i w stanie załączenia zasilania czujnika dokonano jego oględzin oraz pomiaru napięć wyjściowych, jako warunków odniesienia dla próby.

Następnie ustawiono ustabilizowane warunki w komorze klimatycznej: temperatura $+40 \pm 2^{\circ}\text{C}$, wilgotność względna $93 \pm 2\%$, działające na czujnik przez czas 96 h w stanie załączenia zasilania czujnika. W stałych okresach przebiegu próby, co 24 h, dokonywano pomiaru napięć wyjściowych. Po upływie czasu 96 h przeprowadzono stabilizowanie końcowe w kontrolowanych warunkach odniesienia (pkt 4.3.1 ZN) w ciągu 2 h, a następnie wykonano pomiary napięć wyjściowych oraz rezystancji izolacji, jak w p. 2.2.

Wyniki zawiera tabela 3.

Tabela 3

Warunki środowiska	Czas stabilizacji (h)	Napięcie wyj. [mV]			Błąd dodatkowy $\delta_n [\%]$		
		U _x	U _y	U _z	x	y	z
+20 °C	3	-940	-826	-598	0	0	0
t = +40 °C φ = 93%	24	-917	-872	-561	-0,46	+0,92	-0,74
	48	-906	-872	-560	-0,68	+0,92	-0,76
	72	-906	-873	-557	-0,68	+0,94	-0,82
	96	-910	-874	-566	-0,6	+0,96	-0,84
20 °C	2	-870	-851	-630	-1,4	+0,5	-0,64

Błędy dodatkowe od narażenia (od początku do końca próby) δ_n oraz dryft temperaturowy $\delta_n/2$ w kolejnych dobach oddziaływania narażenia nie przekroczyły wartości wymaganych - pkt 2.1.8 ZN.

Występuje również znikomo mała zależność od czasu działania narażenia. Zmierzona po próbie rezystancja izolacji była nie mniejsza od 5 MΩ. Wynik sprawdzenia dodatni.

4.2.6. Sprawdzenie odporności na oddziaływanie pól magnetycznych zmiennych o częstotliwości sieciowej - pkt 4.4.10 ZN

Czujnik umieszczono w środku cewki i wytworzono pole magnetyczne o częstotliwości sieci i natężeniu 400 A/m. Wykonano pomiary napięć wyjściowych w warunkach (tabela 4):

- bez oddziaływania pola magnetycznego
- w polu magnetycznym

Tabela 4

Warunki	U _x mV	$\delta_n(x)$ %	U _y mV	$\delta_n(y)$ %	U _z mV	$\delta_n(z)$ %
odniesienia	-868	-	-844	-	-615	-
narażenia	-867	0	-844	0	-616	0

Stwierdzono, że praktycznie nie występuje zależność od działania pola magnetycznego o parametrach j.w.

Wynik sprawdzenia pozytywny.

4.2.7. Sprawdzenie stopnia ochrony obudowy

Sprawdzenie wymaganego (pkt 2.2.8.2 ZN) stopnia ochrony obudowy IP43 wg PN-79/E-08106 dokonano przy użyciu:

- prostego drutu stalowego o średnicy 1,0 mm
- ręcznego urządzenia probierczego (dyszy wodnej)

Badania wykazały:

- a) brak otworów w obudowie o średnicy ponad 1,0 mm
- b) w wyniku oględzin po próbie oblewania wodą czujnika w czasie 5 min nie stwierdzono przedostania się wody do wnętrza czujnika
- c) rezystancja izolacji, pomierzona jak w pkt 2.2, ma wartość powyżej 5 M Ω

Wynik próby - dodatni.

4.3. Orzeczenie

Badany zespolony czujnik siły przeszedł próby badań pełnych, zgodnie z wymaganiami ZN w zakresie wymienionym w pkt 1.3 z wynikiem pozytywnym.

4.4. Uwagi do projektu Normy Zakładowej

Uważa się za celowe dokonanie poprawek i uzupełnień dotyczących ZN.

- a) w ZN sformułować wymagania dotyczące znakowania czujnika, głównych wymiarów i masy. Każdy egzemplarz powinien mieć tabliczkę znamionową.
- b) w pkt 2.2.9 nie określono czasu próby pracy ciągłej
- c) dotyczy pkt 4.4.8:
 - tytuł powinien mieć treść: "Sprawdzenie odporności i wytrzymałości ..."
 - ostatni akapit zawiera błędne numery wymagań, powinny być odpowiednio: 2.3.2 i 2.3.4
- d) dotyczy pkt 4.4.9.h
 - tytuł: Sprawdzenie odporności i wytrzymałości
 - podpunkt d. Czas regeneracji końcowej wg PN-84/E-04603 wynosi 2 h
- e) ZN na czujnik po uzupełnieniach powinna podlegać procedurze ustanowienia normy.

5. Zestawienie całości wyników. Omówienie wyników badań.

Rodzaj sprawdzenia	Wymaganie wg	
Oględziny, sprawdzenie głównych wymiarów, materiałów, zacisków złącz elektrycznych	p.2.2.1, 2.2.3, 2.2.10 ZN	Stwierdzono, że trwałość i poprawność wykonania montażu i połączeń mechanicznych i elektrycznych oraz stan powierzchni odpowiadają wymaganiom PN-80/M-42020 p.2.2.15. Materiały zgodne z DT. Brak jest natomiast oznakowania czujnika.
Błąd podstawowy ∂_p	2.1.1 ZN $\partial_p < 10\%$	dla x $\partial_{p\max} = 10,6\%$ $\partial_p \text{ śr} = 5,4\%$ dla y $\partial_{p\max} = 7,6\%$ $\partial_p \text{ śr} = 5\%$ dla z $\partial_{p\max} = 6,4\%$ $\partial_p \text{ śr} = 5,6\%$
Histeresa ∂_h	2.1.2 ZN $\partial_h < 10\%$	dla x $\partial_{h\max} = 10,6\%$ $\partial_h \text{ śr} = 8,2\%$ dla y $\partial_{h\max} = 3\%$ $\partial_h \text{ śr} = 2,1\%$ dla z $\partial_{h\max} = 4,6\%$ $\partial_h \text{ śr} = 4\%$
Wpływ siły działającej wzdłuż określonej osi współrzędnych na sygnały wyjściowe dla kierunków pozostałych pozostałych	2.1.6 ZN $\partial_w < 15\%$	dla x $\partial_w = 1,8\%$ dla y $\partial_w = 8,8\%$ dla z $\partial_w = 23\%$
Wpływ pozostałych składowych na sygnał wyjściowy składowej mierzonej ∂_s	2.1.7 ZN $\partial_s < 15\%$	dla x $\partial_s = 5,45\%$ dla y $\partial_s = 10,2\%$ dla z $\partial_s = 22\%$
Błąd dodatkowy od wpływu zmian temperatury otoczenia ∂_t	2.1.8 ZN $\partial_t < 2,5\%/10^\circ\text{C}$	$\partial_t < 2,5\%/10^\circ\text{C}$

20

Błąd wywołany zmianą rezystancji obciążenia ∂_R	2.1.8 ZN $\partial_R < 1.5\%$	Praktycznie nie występuje
Błąd wywołany zmianą napięcia zasilania ∂_u	2.1.8 ZN $\partial_u < 1.5\%$	Stwierdzono $\partial_u \max = 0,12\%$
Pobór mocy p	2.2.7 ZN $p < 1,5 \text{ W}$	$p = < 1,5 \text{ W}$
Odporność i wytrzymałość na zimno ∂_z	2.3.3, 2.3.5 ZN $\partial_z < 5\%$	Uzyskano $\partial_z \max = 1,1\%$
Odporność i wytrzymałość na suche gorąco ∂_g	2.3.2, 2.3.4 ZN $\partial_g < 5\%$	Uzyskano $\partial_g \max = 0,7\%$
Odporność i wytrzymałość na wilgotne gorąco stałe ∂_w	2.3.6 ZN $\partial_w < 5\%$	Uzyskano $\partial_w \max = 0.96\%$ Rezystancja izolacji po próbie miała wartość większą od 5 Mn Nie stwierdzono śladów korozji.
Odporność na przeciążenie ∂_p	2.3.9 ZN $\partial_p < 10\%$	Zmierzono $\partial_p \max = 7.4\%$ Po próbie, ani w jej trakcie nie stwierdzono uszkodzeń obłuzowań itp.
Odporność na zewnętrzne pola magnetyczne ∂_m	2.3.10 ZN $\partial_m < 1,5\%$	Oddziaływanie pola magnetycznego praktycznie nie występuje
Stopień ochrony obudowy	2.2.8.2 ZN	Stwierdzono, że obudowa spełnia wymagania stopnia IP43 wg PN-79/E-08106

Wyniki sprawdzeń czujnika w zakresie wymagań konstrukcyjnych, środowiskowych, oraz parametrów elektrycznych są pozytywne i nie wymagają specjalnego omówienia.

Wyniki sprawdzenia podstawowych parametrów metrologicznych jak pomiar błędu podstawowego, histerezy oraz wzajemnego wpływu składowych siły na wartości sygnałów wyjściowych są pozytywne w odniesieniu do osi Y i X i nie ~~w pełni~~ ^{w pełni} zadawające dla osi Z.

Zaznacza się mianowicie wpływ składowych Y i X na wskazanie osi Z, który dochodzi do 22% wartości sygnału i przekracza wymagane 15%. Większa podatność osi Z na wpływy składowych Y, X wynika z pewnego "upośledzenia" konstrukcyjnego tej osi i minimalizowanie tych wpływów wymaga dodatkowych zabiegów. Z obserwacji wskazań osi Z w trakcie pomiarów i prób dodatkowych nie wchodzących w zakres badań pełnych, wynika że dalsze zmniejszenie wpływu na oś Z było by ułatwione w przypadku zainstalowania w tej osi drugiego czujnika usytuowanego po drugiej stronie otworu w płytach nośnych. Wniosek ten należało by uwzględnić przy rewizji dokumentacji przewidującej miejsce na ten czujnik.

Pozostaje jeszcze do poruszenia sprawa interpretacji wyników charakterystyk pomiarowych.

Przy obliczaniu wartości średnich błędów, zgodnie z PN-86/M-42057, "Przetworniki pomiarowe wielkości nieelektrycznych. Badania", błędy są oczywiście mniejsze niż błędy pojedynczej charakterystyki.

W naszym przypadku, przy współpracy czujnika z telemanipulatorem istotne będą błędy chwilowe, dlatego w tablicy 2 obok średnich błędów podstawowych i średniej histerezy, podano wartości chwilowe maksymalne.

Jako wniosek końcowy uznaje się celowość i konieczność zainstalowania czujnika na telemanipulatorze i przeprowadzenie prób obiektowych. *sprawdzenie*

Pozwoli to na ~~zrealizowanie~~ ^{sprawdzenie} działania czujnika w warunkach siły działającej swobodnie, bez wzajemnego oddziaływania na siebie sztywności cięgien napinających. Z drugiej strony uwzględnione będą oddziaływania dynamiczne zarówno na pracę czujnika jak i samego systemu symulacji siłowej co w próbach dotychczasowych było niemożliwe.