

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

Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

Zakład Pomiaru Ciśnienia i Temperatury

074

A

~~Główny wykonawca~~

Wykonawcy inż. Wiesław Juzwa, mgr inż. Szczepan Sokołowski
 mgr inż. Grzegorz Łuszczak, ob. Helena Sobstel

Konsultant

Nr zlecenia
U-22.01.01

Czujniki termometrów elektrycznych
z zastosowaniem nowych materiałów
i technologii.

Etap 5. Badania prototypów czujników
tranzystorowych

Zleceniodawca *problem usztorowy Ob.1.*

Pracę rozpoczęto dnia 1.10.1982r

zakończono dnia 15.12.1982r

Kierownik Zakładu

DYREKTOR

Stanisław Dwojak

inż. Wiesław Juzwa

prof.dr inż. Stanisław Dwojak

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 9
rysunków -
fotografii -
tabel -
tablic 15
załączników -

Egz. 1 MERA-PIAP-BOINTE
Egz. 2 MERA-PIAP-DPP
Egz. 3 MERA-PIAP-DPP
Egz. 4 MERA-PIAP-DPP
Egz. 5
Egz. 6

Nr rejestr. 4979

Analiza deskryptorowa

CZUJNIKI TRANZYSTOROWE TERMOMETRÓW ELEKTRYCZNYCH:
BADANIA PROTOTYPÓW

Analiza dokumentacyjna

Praca zawiera sprawozdanie z badań prototypów tranzystorowych czujników temperatury.

Tytuły poprzednich sprawozdań

1. Czujniki termometrów elektrycznych z zastosowaniem nowych materiałów i technologii. Etap 1b. Założenia programowe. /nr rej. 2082/
2. Czujniki termometrów elektrycznych z zastosowaniem nowych materiałów i technologii. Etap 2.1a. Czujniki diodowe. Modele wstępne. /nr rej. 2251/
3. Czujniki termometrów elektrycznych z zastosowaniem nowych materiałów i technologii. Etap 2.2a. Czujniki tranzystorowe. Modele wstępne. /nr rej. 2594/
4. Czujniki termometrów elektrycznych z zastosowaniem nowych materiałów i technologii. Etap 2.2b. Czujniki tranzystorowe: Modele ostateczne. /nr rej. 2777/
5. Czujniki termometrów elektrycznych z zastosowaniem nowych materiałów i technologii. Etap 2.2c. Czujniki tranzystorowe. Założenia. /nr rej. 4510/

1. Wstęp

1.1. Przedmiot pracy

Przedmiotem pracy jest realizacja etapu 5 „Badania prototypów czujników tranzystorowych” tematu U-22.01.01 „Czujniki termometrów elektrycznych z zastosowaniem nowych materiałów i technologii”.

1.2. Podstawa wykonania pracy

Pracę przeprowadzono na podstawie harmonogramu prac wymienionego w 1.1. tematu.

1.3. Cel pracy

Celem pracy jest ocena konstrukcji oraz właściwości metrologicznych i użytkowych prototypów czujników tranzystorowych oraz elektronicznego układu linearyzacji współpracującego z w/w czujnikami.

1.4. Dokumenty związane

1.4.1. Dokumentacja konstrukcyjna nr 4137 tranzystorowego czujnika temperatury TPT-1 /czujnik z normalną głowicą NA/.

1.4.2. Dokumentacja konstrukcyjna nr 4138 tranzystorowego czujnika TPT-2 /czujnik z małą głowicą MA/.

1.4.3. Dokumentacja konstrukcyjna nr 4139 układu linearyzacji ULP-1.

1.5. Wykonawca dokumentacji konstrukcyjnej prototypów

Dokumentacja konstrukcyjna nr 4137 i nr 4138 prototypów czujników tranzystorowych TPT-1 i TPT-2 opracowana została w Zakładzie Pomiaru Ciśnienia i Temperatury MERA-PIAP. Dokumentacja konstrukcyjna nr 4139 prototypów układu linearyzacji ULP-1 współpracującego z czujnikami tranzystorowymi opracowana została w Ośrodku Automatyki Elektrycznej Analogowej MERA-PIAP.

1.6. Wykonawca prototypów

Prototypy czujników tranzystorowych TPT-1 i TPT-2 oraz układu linearyzacji UIP-1 wykonane zostały w Zakładzie Pomiaru Ciśnienia i Temperatury MERA-PIAP przy współpracy z Zakładem Doświadczalnym MERA-PIAP.

2. Budowa prototypów

Prototypy wykonane zostały wg dokumentacji konstrukcyjnych wymienionych w 1.4.1 + 1.4.3 z odstępstwem dotyczącym obudowy elementów do strojenia czujnika oraz długości montażowej czujników.

Pokrywę obudowy nr cz. 10 i denko obudowy nr cz. 11 wykonano z tekstolitu w kształcie okrągłym.

Docelowo w produkcji przewiduje się wykonywanie w/w elementów jako wyprasek o kształcie prostokątnym z białan: AW.

W prototypach wykonano je poprzez wytoczenie z pręta tekstolitowego.

W prototypach Nr 2, 3, 5, 6, 8 i 9 długość montażowa czujnika wynosi 180 mm zamiast 205 mm a w czujnikach 4 i 7 wynosi ona 360 mm zamiast 405 mm, co wynikało z wymiarów długości osłon czujników, które udało się uzyskać dla budowy prototypów. Ponadto wykonano dodatkowo 3 prototypy czujników z głowicą dużą DA, które nie są objęte dokumentacją konstrukcyjną prototypów.

3. Badania prototypów

3.1. Wykonawca badań prototypów

Badania prototypów zostały przeprowadzone w Zakładzie Pomiaru Ciśnienia i Temperatury MERA-PIAP oraz w Centralnej Stacji Prób Ośrodka Badań Niezawodności i Jakości MERA-PIAP wg programu badań zawartego w warunkach technicznych dla prototypów tranzystorowych czujników temperatury TPT-1 i TPT-2

i układu linearyzacji ULP-1, stanowiących integralną część dokumentacji konstrukcyjnych wymienionych w 1.4.1 + 1.4.3.

3.2. Rodzaje badań

Prototypy poddano niżej wymienionym badaniom:

- 1/ oględziny,
- 2/ sprawdzenie charakterystyk termometrycznych czujników,
- 3/ sprawdzenie stabilności charakterystyk termometrycznych czujników,
- 4/ sprawdzenie błędu podstawowego układu linearyzacji,
- 5/ sprawdzenie błędu podstawowego urządzenia /czujnika z układem linearyzacji/,
- 6/ sprawdzenie odporności i wytrzymałości na zimno,
- 7/ sprawdzenie odporności i wytrzymałości na suche gorąco,
- 8/ sprawdzenie stałości parametrów,
- 9/ sprawdzenie stałej czasowej czujników,
- 10/ sprawdzenie odporności i wytrzymałości na wibracje sinusoidalne,
- 11/ sprawdzenie wytrzymałości czujników na spadki swobodne,
- 12/ sprawdzenie wytrzymałości na udary mechaniczne,
- 13/ sprawdzenie odporności czujnika na wilgotne gorąco cykliczne,
- 14/ sprawdzenie wytrzymałości układu linearyzacji na wilgotne gorąco stałe,
- 15/ sprawdzenie rezystancji izolacji,
- 16/ sprawdzenie wytrzymałości elektrycznej izolacji,
- 17/ sprawdzenie wpływu zewnętrznych pól magnetycznych,
- 18/ wyznaczenie głębokości zanurzenia czujnika.

Sprawdzenie błędów dodatkowych wywołanych temperaturą otoczenia i wibracjami sinusoidalnymi przeprowadzono odpowiednio w trakcie sprawdzenia odporności na zimno i suche gorąco oraz odporności na wibracje sinusoidalne.

Ze względu na niemożliwość uzyskania zestalonego CO₂ /„suchego lodu"/ dla uzyskania temperatury -50°C nie przeprowadzono sprawdzenia charakterystyk termometrycznych czujników w temperaturze -50°C.

3.3. Podstawowe przyrządy i urządzenia wykorzystane podczas badań

- a/ termometr kwarcowy typ 2801A f-my Hewlett-Packard /USA/
- b/ woltomierz cyfrowy typ IM1867 f-my „Solartron” /GB/
- c/ woltomierz cyfrowy typ V529 f-my „Elpo” /Polska/
- d/ ultratermostaty typ U15^c f-my „MLW” /NRD/
- e/ ultratermostaty typ UT-2/77 f-my „Horyzont” /Polska/
- f/ komora klimatyczna typ KTK /NRD/
- g/ wstrząsarka wibracyjna typ ST5000 /NRD/
- h/ wstrząsarka udarowa typ SPS80 /NRD/.

3.4. Badaniom poddano:

- 12 prototypów tranzystorowych czujników temperatury o długościach kabla połączeniowego od 2,5 m do 10 m i długościach osłon od 180 mm do 360 mm,
- 2 prototypy elektronicznego układu linearyzacji.

Ze względu na posiadane tylko 2 egzemplarze hybrydowego uniwersalnego układu mnożącego wykonano i przebadano 2 prototypy elektronicznego układu linearyzacji. Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Elektronicznych Układów Specjalizowanych w Toruniu miał wykonać dopiero w IV kw 1982r partię informacyjną /ok. 50 szt/ hybrydowego układu mnożącego.

3.5. Wyniki badań

Wyniki badań zawarte są w tablicach 1 + 15.

- Tablica 1 zawiera wyniki sprawdzenia charakterystyk termometrycznych czujników; wynik pozytywny,
- Tablica 2 zawiera wyniki sprawdzenia stabilności charakterystyk termometrycznych czujników; wynik pozytywny,
- Tablica 3 zawiera wyniki sprawdzenia błędu podstawowego układu linearyzacji; wynik pozytywny,
- Tablica 4 zawiera wyniki sprawdzenia błędu podstawowego urządzenia; wynik pozytywny,
- Tablica 5 zawiera wyniki sprawdzenia odporności układu linearyzacji na zimno; wynik negatywny,
- Tablica 6 zawiera wyniki sprawdzenia odporności układu linearyzacji na suche gorąco; wynik pozytywny,

Tablica 7 zawiera wyniki sprawdzenia stałości parametrów układu linearyzacji; wynik pozytywny,

Tablica 8 zawiera wyniki sprawdzenia stałej czasowej czujników; wynik pozytywny,

Tablica 9 zawiera wyniki sprawdzenia wytrzymałości układu linearyzacji na zimno; wynik pozytywny,

Tablica 10 zawiera wyniki sprawdzenia wytrzymałości układu linearyzacji na suche gorąco; wynik pozytywny,

Tablica 11 zawiera wyniki sprawdzenia odporności czujników na wibracje sinusoidalne; wynik pozytywny,

Tablica 12 zawiera wyniki sprawdzenia wytrzymałości czujników na wibracje sinusoidalne; wynik pozytywny,

Tablica 13 zawiera wyniki sprawdzenia wytrzymałości czujników na spadki swobodne; wynik pozytywny,

Tablica 14 zawiera wyniki sprawdzenia wytrzymałości urządzenia na udary mechaniczne; wynik pozytywny,

Tablica 15 zawiera wyniki sprawdzenia wytrzymałości układu linearyzacji na wilgotne gorąco stałe; wynik negatywny.

a/ Sprawdzenie wpływu temperatury otoczenia - Tablica 5 i 6,

b/ Sprawdzenie wpływu wibracji sinusoidalnych - nie stwierdzono wpływu; wynik pozytywny,

c/ Sprawdzenie wpływu zewnętrznych pól magnetycznych - nie stwierdzono wpływu; wynik pozytywny.

Wyznaczona w trakcie badań minimalna głębokość zanurzenia czujnika wynosi $2/3$ długości montażowej.

Pozostałe sprawdzenia tranzystorowych czujników temperatury i elektronicznych układów linearyzacji dały wynik pozytywny.

2.4. Analiza wyników badań

2.4.1. Analiza wyników badań tranzystorowych czujników temperatury

Badania wykazały spełnienie wszystkich wymagań dla prototypów tranzystorowych czujników temperatury.

Stała czasowa czujników $\tau \approx 0,633$ w wodzie zawiera się w granicach 15 ± 20 s.

Celowym jest zmniejszenie bezwładności cieplnej czujników.

2.4.2. Analiza wyników badań elektronicznych układów linearyzacji

Badania wykazały spełnienie wymagań dla prototypów układów linearyzacji z wyjątkiem odporności na zimno /Tablica 5/ i wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe /Tablica 15/. Wyniki sprawdzenia odporności układów linearyzacji na zimno nieznacznie odbiegają od wartości dopuszczalnych - max $0,14\text{mV}/10^{\circ}\text{C}$ wobec dopuszczalnej wartości $0,1\text{mV}/10^{\circ}\text{C}$. Natomiast wyniki badań po próbie wytrzymałości układu linearyzacji na wilgotne gorąco stałe znacznie odbiegały od wartości dopuszczalnych. Analiza wykazała, że głównymi przyczynami występowania nadmiernych błędów są:

- a/ niestabilność temperaturowa rezystorów w obwodzie wyjściowym /dzielnik napięcia/ układu linearyzacji
- b/ nadmierny dryft temperaturowy diod odniesienia w mierniku cyfrowym N12 /podczas prób układ linearyzacji zamontowany był w mierniku N12 produkcji MERA-LUMEL/.

Nadmierny dryft temperaturowy diod odniesienia wskazuje na złą ich jakość.

Natomiast poprawę stabilności temperaturowej rezystorów można uzyskać przez wstępne starzenie zamontowanego układu.

~~Składowe błędy w układzie linearyzacji spowodowane są przez niestabilność rezystorów i diod odniesienia.~~

~~Składowe błędy w układzie linearyzacji spowodowane są przez niestabilność rezystorów i diod odniesienia.~~

3. W n i o s k i

1. Badania wykazały spełnienie wymagań dla prototypów czujników tranzystorowych i układów linearyzacji w zakresie temperatur $0 + 150^{\circ}\text{C}$ z wyjątkiem wpływu zmian temperatury otoczenia na dokładność przetwarzania układów linearyzacji.
2. Dla zmniejszenia wpływu zmian temperatury otoczenia należy poddawać układy linearyzacji starzeniu polegającym na temperaturowym cyklowaniu.

3. Dla uzyskania lepszej bezwładności cieplnej należy wewnątrz czujników wypełnić substancją o dobrej przewodności cieplnej np. pastą silikonową lub odpowiednim piaskiem szklarskim.
4. Zgodnie z wnioskami zawartymi w protokóle odbioru nr 9/82 etapu 4 należy przeprowadzić rozeznanie zapotrzebowania rynku na czujniki tranzystorowe i termometry z czujnikami tranzystorowymi.
5. Z chwilą uzyskania suchego lodu należy sprawdzić charakterystykę termometryczną czujników w temperaturze -50°C .
6. Na podstawie wymienionego w p-kcie 4 rozeznania należy opracować przetwornik z układem linearyzacji dostosowany do współpracy ze spotykaną w kraju aparaturą pomiarową i regulacyjną.

4. Wniosek końcowy

Należy przystąpić do realizacji następnego etapu pracy pt. „Wprowadzenie zmian do dokumentacji konstrukcyjnej czujników tranzystorowych i opracowanie konstrukcji przetwornika temperatura - napięcie oraz dobór krajowego miernika cyfrowego do współpracy z czujnikami tranzystorowymi”.

W ramach w/w etapu należy zrealizować wnioski 2 + 6 z p-ktu 3.

Objaśnienia do tablic

Parametry konstrukcyjne czujników - wg poniższej tablicy.

Nr czujni- ka	Głowica czujnika			Długość montażowa czujnika mm			Długość kabla czujnika m		
	duża	norma- lna	mała	180	205	360	2,5	6	10
	DA	NA	MA						
1	+			+			+		
2		+		+					+
3		+		+				+	
4		+				+	+		
5		+		+			+		
6		+		+					+
7		+				+		+	
8	+			+			+		
9	+			+			+		
10			+		+		+		
11			+		+		+		
12			+		+		+		

Znak „+” oznacza występowanie danej głowicy lub długości w czujniku

c.d. Objaśnienia do tablic

- $U_{BE} = f/t/$ - charakterystyka termometryczna czujnika tj. zależność napięcia U_{BE} od temperatury przy stałym prądzie obciążenia tranzystora
- U_{wy} - sygnał wyjściowy układu linearyzacji
- U_V - napięcie sterujące układu linearyzacji, przeznaczone do zasilania czujnika tranzystorowego
- δU_{wy} - błąd podstawowy sygnału wyjściowego układu linearyzacji
- U_{BE} - odchyłki charakterystyki termometrycznej czujnika
- $U_{wy}/10^{\circ}C$ - błąd dodatkowy sygnału wyjściowego układu linearyzacji spowodowany zmianą temperatury otoczenia o $10^{\circ}C$
- $U_V/10^{\circ}C$ - błąd dodatkowy napięcia sterującego spowodowany zmianą temperatury otoczenia o $10^{\circ}C$

14

Tablica 1. Wyniki sprawdzenia charakterystyki termometrycznej czujników

Nr czujnika	$U_{BE} = f/t/ \text{ /mV/}$				
	0°C	50°C	100°C	150°C	↘ 50°C
1	618,02	499,94	379,49	257,28	499,96
2	618,05	499,98	379,53	257,37	499,97
3	618,13	499,98	379,53	257,32	499,95
4	618,12	499,96	379,57	257,65	499,94
5	618,03	500,01	379,54	257,46	499,97
6	618,12	499,95	379,52	257,45	499,95
7	618,18	499,98	379,51	257,38	499,94
8	618,17	499,97	379,56	257,53	499,97
9	617,95	499,98	379,66	257,64	499,99
10	618,02	499,92	379,52	257,35	499,92
11	618,20	499,93	379,49	257,33	499,93
12	618,12	499,96	379,57	257,65	499,94
Wartości dopuszczalne U_{BE}	$618,00 \pm 0,25$	$500,00 \pm 0,10$	$379,50 \pm 0,25$	$257,60 \pm 0,46$	$500,00 \pm 0,10$

12

Tablica 2. Wyniki sprawdzenia stabilności charakterystyki termometrycznej czujników

Nr czujnika	$U_{BE} = f/t/ \text{ /mV/}$					Zmiana charakterystyki			
	przed próbą	po próbie				$\Delta U_{BE} / \text{mV/}$			
		0°C	50°C	100°C	150°C	0°C	50°C	100°C	150°C
1	wg tablicy 1	617,98	499,97	379,51	257,35	-0,04	0,03	0,02	0,07
5		618,07	500,06	379,57	257,55	0,04	0,05	0,03	0,09
6		618,14	499,97	379,53	257,53	0,02	0,02	0,01	0,08
8		618,18	500,02	379,58	257,58	0,01	0,05	0,02	0,05
9		617,98	500,05	379,69	257,68	0,03	0,07	0,03	0,04
Wartości dopuszczalne zmiany ΔU_{BE} w mV						$\pm 0,08$	$\pm 0,08$	$\pm 0,08$	$\pm 0,15$

13

Tablica 3. Wyniki sprawdzenia błędu podstawowego układu linearyzacji

Nr układu linearyzacji	Temperatura symulowana /°C/								
	0	50	150	0	50	150	0	50	150
	$U_{wy} /mV/$			$\delta_{uwy} /mV/$			$U_v /V/$		
1	-0,03	49,97	149,98	-0,03	-0,03	-0,02	5,036	6,074	9,299
2	0,00	50,00	150,00	0	0	0	5,039	6,080	9,309
Wartości dopuszczalne	$0 \pm 0,1$	$50 \pm 0,1$	$150 \pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$5,041 \pm 0,05$	$6,082 \pm 0,05$	$9,311 \pm 0,05$

14

Tablica 4. Wyniki sprawdzenia błędu podstawowego sygnału wyjściowego urządzenia

Nr układu linearyzacyjnego	Nr czujnika	Temperatura /°C/							
		0		50		100		150	
		U_{wy}	δU_{wy}	U_{wy}	δU_{wy}	U_{wy}	δU_{wy}	U_{wy}	δU_{wy}
		mV							
1	1	-0,21	-0,21	49,97	-0,03	100,18	0,18	150,24	0,24
	5	-0,20	-0,20	49,94	-0,06	100,15	0,15	150,13	0,13
	6	-0,23	-0,23	49,98	-0,02	100,16	0,16	150,14	0,14
	8	-0,28	-0,28	49,95	-0,05	100,07	0,07	150,08	0,08
	9	-0,19	-0,19	49,95	-0,06	100,09	0,09	150,07	0,07
2	1	-0,24	-0,24	49,96	-0,04	100,18	0,18	150,23	0,23
	5	-0,22	-0,22	49,94	-0,06	100,16	0,16	150,12	0,12
	6	-0,24	-0,24	49,97	-0,03	100,17	0,17	150,14	0,14
	8	-0,29	-0,29	49,95	-0,05	100,14	0,14	150,08	0,08
	9	-0,20	-0,20	49,95	-0,05	100,11	0,11	150,07	0,07
Dopuszczalny błąd w mV /1 mV = 1°C/			$\pm 0,32$		$\pm 0,32$		$\pm 0,32$		$\pm 0,32$

15

Tablica 5. Wyniki sprawdzenia odporności układu linearyzacji na zimno

Nr układu linearyzacji	Temperatura otoczenia °C	Temperatura symulowana /°C/											
		0	50	150	0	50	150	0	50	150	0	50	150
		$U_{wy} /mV/$			$\Delta U_{wy}/10^{\circ}C /mV/$			$U_v /mV/$			$\Delta U_v/10^{\circ}C /mV/$		
1	20,5	-0,02	49,99	149,99	-0,14	-0,14	-0,12	5,039	6,079	9,312	-13	-17	-30
	6,0	-0,23	49,79	149,82				5,020	6,055	9,269			
2	20,5	0,00	50,01	150,01	-0,12	-0,13	-0,12	5,047	6,089	9,318	-12	-16	-27
	6,0	-0,18	49,82	149,84				5,029	6,066	9,279			
Wartość dopuszczalna					$\pm 0,10$								

16

Tablica 6. Wyniki sprawdzenia odporności układu linearyzacji na suche gorąco

Nr układu linearyzacji	Temperatura otoczenia °C	Temperatura symulowana /°C/											
		0	50	150	0	50	150	0	50	150	0	50	150
		U_{wy} /mV/			$\Delta U_{wy}/10^{\circ}\text{C}$ /mV/			U_v /mV/			$\Delta U_v/10^{\circ}\text{C}$ /mV/		
1	20,5	-0,02	49,99	149,99	0,08	0,07	0,07	5,039	6,079	9,312	7	10	16
	41,5	0,15	50,14	150,13				5,053	6,098	9,345			
2	20,5	0,00	50,01	150,01	0,06	0,05	0,05	5,047	6,089	9,318	6	8	13
	41,5	0,12	50,12	150,12				5,060	6,105	9,346			
Wartość dopuszczalna					$\pm 0,10$								

12

Tablica 7. Wyniki sprawdzenia stałości parametrów układu linearyzacji

Nr układu linearyzacji	Temperatura symulowana /°C/								
	0	50	150	0	50	150	0	50	150
	$U_{wy} /mV/$			$\delta U_{wy} /mV/$			$U_v /V/$		
1	-0,06	49,93	149,90	-0,06	-0,07	-0,10	5,029	6,064	9,277
2	-0,05	49,95	149,96	-0,05	-0,05	-0,04	5,030	6,068	9,289
Dopuszczalne wartości	$0 \pm 0,1$	$50 \pm 0,1$	$150 \pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$5,041 \pm 0,05$	$6,082 \pm 0,05$	$9,311 \pm 0,05$

Tablica 8. Stała czasowa czujników $\tau_{0,63}$ i $\tau_{0,9}$

Nr czujnika	Woda		Powietrze		Uwagi
	$\tau_{0,63}$	$\tau_{0,9}$	$\tau_{0,63}$	$\tau_{0,9}$	
4	20 s	55 s	4 m 00 s	10 m 00 s	
5	22 s	65 s	4 m 55 s	12 m 25 s	
10	15 s	31 s	4 m 15 s	11 m 00 s	wnętrze osłony jest wypełnione piaskiem szklarskim

61

Tablica 9. Wyniki sprawdzenia wytrzymałości układu linearyzacji na zimno

Nr układu linearyzacji	Temperatura symulowana /°C/								
	0	50	150	0	50	150	0	50	150
	$U_{wy} /mV/$			$\delta U_{wy} /mV/$			$U_v /V/$		
1	-0,02	49,97	149,97	-0,02	-0,03	-0,03	5,032	6,068	9,284
2	0,03	50,03	150,03	0,03	0,03	0,03	5,036	6,076	9,303
Dopuszczalne wartości	$0 \pm 0,1$	$50 \pm 0,1$	$150 \pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$5,041 \pm 0,05$	$6,082 \pm 0,05$	$9,311 \pm 0,05$

02

Tablica 10. Wyniki sprawdzenia wytrzymałości układu linearyzacji na suche gorąco

Nr układu linearyzacji	Temperatura symulowana /°C/								
	0	50	150	0	50	150	0	50	150
	U_{wy} /mV/			σ_{Uwy} /mV/			U_v /V/		
1	-0,07	49,93	149,93	-0,07	-0,07	-0,07	5,030	6,066	9,280
2	-0,02	49,98	149,98	-0,02	-0,02	-0,02	5,033	6,073	9,300
Dopuszczalne wartości	$0 \pm 0,1$	$50 \pm 0,1$	$150 \pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$5,041 \pm 0,05$	$6,082 \pm 0,05$	$9,311 \pm 0,05$

176

Tablica 11. Wyniki sprawdzenia odporności czujników na wibracje sinusoidalne

Nr czujnika	$U_{BE} = f/t/ \text{ /mV/}$				$\Delta U_{BE} \text{ /mV/}$			
	0°C	50°C	100°C	150°C	0°C	50°C	100°C	150°C
2	618,08	500,02	379,58	257,43	0,08	0,02	0,08	-0,17
4	618,13	499,94	379,61	257,69	0,13	-0,06	0,11	0,09
10	618,14	499,99	379,61	257,45	0,14	-0,01	0,11	-0,15
11	618,24	499,98	379,55	257,43	0,24	-0,02	0,05	-0,17
12	618,24	500,02	379,62	257,55	0,24	0,02	0,12	-0,05
Wartości dopuszczalne					$\pm 0,25$	$\pm 0,10$	$\pm 0,25$	$\pm 0,46$

17/6

Tablica 12. Wyniki sprawdzenia wytrzymałości czujników na wibracje sinusoidalne

Nr czujnika	U_{BE} /mV/
	50°C
4	499,90
7	499,93
10	499,94
11	499,94
12	499,98
Wartość dopuszcz.	500,00 ± 0,10

Tablica 13. Wyniki sprawdzenia wytrzymałości na spadki swobodne

Nr czujnika	U_{BE} /mV/
	50°C
3	499,98
4	499,91
10	499,94
Wartość dopuszcz.	500,00 ± 0,10

Tablica 14. Wyniki sprawdzenia wytrzymałości urządzenia na udary mechaniczne

a/ układ linearyzacji

Nr układu linearyzacji	Temperatura symulowana /°C/								
	0	50	150	0	50	150	0	50	150
	U_{wy} /mV/			δ_{Uwy} /mV/			U_v /V/		
1	-0,03	49,97	149,98	-0,03	-0,03	-0,02	5,038	6,078	9,311
2	0,00	49,99	150,00	0,00	-0,01	0,00	5,045	6,086	9,314
Dopuszczalne wartości	$0 \pm 0,1$	$50 \pm 0,1$	$150 \pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$5,041 \pm 0,05$	$6,082 \pm 0,05$	$9,311 \pm 0,05$

140

b/ czujnik

Nr czujnika	U_{BE} /mV/
	50°C
4	499,90
7	499,96
10	499,94
11	499,94
12	499,98
Wartość dopuszcz.	500,00 ± 0,10

Tablica 15. Wyniki sprawdzenia wytrzymałości układu linearyzacji
na wilgotne gorąco stałe

Nr układu linea- ryzacji	Temperatura symulowana /°C/								
	0	50	150	0	50	150	0	50	150
	U_{wy} /mV/			δU_{wy} /mV/			U_v /V/		
1	-0,47	49,53	149,55	-0,47	-0,47	-0,45	5,035	6,070	9,278
2	-0,36	49,64	149,64	-0,36	-0,36	-0,36	5,030	6,071	9,278
Wartości dopusz- czalne	$0 \pm 0,1$	$50 \pm 0,1$	$150 \pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$5,041 \pm 0,05$	$6,082 \pm 0,05$	$9,311 \pm 0,05$

9/6