

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

Zakład Pomiaru Ciśnienia i Temperatury

074

Pracownia Manometrii Elektrycznej

A

Główny wykonawca mgr inż. Andrzej Karbowniczek

Wykonawcy mgr inż. L. Guzy; mgr inż. H. Kiedrzynek;  
konstr. J. Piekarski; mgr inż. J. Szewczyk /OAE/;  
konstr. W. Sadowy /OAE/; tech. H. Michniewicz /OBN/;  
tech. W. Szymański /OBN/.

Konsultant

Nr zlecenia

U-22.02.01

Ciśnieniomierze cyfrowe w wersji przemysłowej

Etap 10. Opracowanie, wykonanie i badania prototypów czujników o zakresach ciśnień od 0 + 25 kPa do 0 + 1,6 MPa z membraną toczoną ze sztywnikiem, eliminującą mieszki, z sygnałem wyjściowym dostosowanym do miliwoltomierzy cyfrowych prod. krajowej.

Zleceniodawca praca objęta problemem węzłowym O6.1

Pracę rozpoczęto dnia 2.01.1983r

zakończono dnia 23.12.83r

Kierownik Pracowni

DYREKTOR

Kierownik Zakładu

mgr inż. *SP* L. Guzy

*St. Dwojak*  
prof. dr inż. St. Dwojak

inż. W. Guzwa

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron                      14

Egz. 1 MERA-PIAP-BOINTE

rysunków                -

Egz. 2 MERA-PIAP-DPP

fotografii              -

Egz. 3 MERA-PIAP-DPP

tabel                    -

Egz. 4 MERA-PIAP-DPP

tablic                   45

Egz. 5

załączników           -

Egz. 6

Nr rejestr. 5114

## Analiza deskryptorowa

CZUJNIKI POMIAROWE CIŚNIENIA Z WYJŚCIEM ELEKTRYCZNYM:  
PROTOTYPY + BADANIA

## Analiza dokumentacyjna

Praca zawiera opis konstrukcji, analizę oraz wnioski z badań prototypów czujników o zakresach ciśnień od 0 + 25 kPa do 0 + 1,6 MPa z membraną toczoną ze sztywnikiem, eliminującą mieszki, z sygnałem wyjściowym dostosowanym do miliwoltomierzy cyfrowych produkcji krajowej.

## Tytuły poprzednich sprawozdań

1. Ciśnieniomierze cyfrowe w wersji przemysłowej i laboratoryjnej.  
Etap 1. Założenia /nr rejestr. 1919/.
2. Ciśnieniomierze cyfrowe w wersji przemysłowej i laboratoryjnej.  
Etap 3. Badania modeli ciśnieniomierzy cyfrowych w wersji przemysłowej /nr rejestr. 2388/.
3. Ciśnieniomierze cyfrowe w wersji przemysłowej i laboratoryjnej.  
Etap 6. Badania prototypów ciśnieniomierzy cyfrowych w wersji przemysłowej z częścią odczytową opartą na miliwoltomierzu V-628 /nr rejestr. 2934/.
4. Ciśnieniomierze cyfrowe w wersji przemysłowej.  
Etap 9. Badania prototypów czujników o zakresach ciśnień od 0 + 1 MPa do 0 + 60 MPa z sygnałem wyjściowym dostosowanym do miliwoltomierzy cyfrowych produkcji krajowej /nr rejestr. 4968/.

531.78 Ciśnieniomierze - przemysł

681.586 czujniki

UKD

MERA-PIAP/TW 331/78 5000

## 1. Wstęp

### 1.1. Przedmiot pracy

Przedmiotem pracy jest realizacja etapu 10 „Opracowanie, wykonanie i badania prototypów czujników o zakresach ciśnień od 0 + 25 kPa do 0 + 1,6 MPa z membraną toczoną ze sztywnikiem, eliminującą mieszki, z sygnałem wyjściowym dostosowanym do miliwoltomierzy cyfrowych produkcji krajowej”, tematu U-22.02.01 „Ciśnieniomierze cyfrowe w wersji przemysłowej”, zwanych w dalszej treści opracowania czujnikami.

### 1.2. Podstawa podjęcia pracy

Pracę przeprowadzono na podstawie harmonogramu prac tematu U-22.02.01 „Ciśnieniomierze cyfrowe w wersji przemysłowej”.

### 1.3. Cel pracy

Celem pracy jest ocena konstrukcji oraz właściwości metrologicznych i użytkowych czujników.

### 1.4. Dokumenty związane

1.4.1. Projekt Normy Zakładowej ZN-82/-... „Czujnik tensometryczny ciśnienia”, opracowany w MERA-PIAP.

1.4.2. Dokumentacja konstrukcyjna prototypów czujników o zakresie od 0 + 1 MPa do 0 + 60 MPa wykonana w MERA-PIAP.

1.4.3. Dokumentacja konstrukcyjna prototypów czujników o zakresach ciśnień od 0 + 25 kPa do 0 + 1,6 MPa, wykonana w MERA-PIAP.

1.4.4. Sprawozdanie nr rejestr. 2934 z pracy wykonanej w MERA-PIAP pt. „Ciśnieniomierze cyfrowe w wersji przemysłowej i laboratoryjnej. Etap 6. Badania prototypów ciśnieniomierzy cyfrowych w wersji przemysłowej z częścią odczytową opartą na miliwoltomierzu V-628”.

1.4.5. Sprawozdanie nr rejestr. 4968 z pracy wykonanej w MERA-PIAP, pt. „Ciśnieniomierze cyfrowe w wersji przemysłowej. Etap 9. Badania prototypów czujników o zakresach ciśnień od 0 + 1 MPa do 0 + 60 MPa z sygnałem wyjściowym dostosowanym do miliwoltomierzy cyfrowych produkcji krajowej.

### 1.5. Opis konstrukcji

Czujnik ciśnienia składa się z dwóch zasadniczych części; z części mechanicznej obejmującej element pomiarowy, elementy podłączeniowe z króćcem i elementy obudowy oraz z części elektronicznej obejmującej prosty stabilizator napięcia, układ kompensacji temperaturowej i układ wzmacniania sygnału naturalnego czujnika. Część elektroniczna jest taka sama jak w czujnikach o zakresach ciśnień od 0 + 1 MPa do 0 + 60 MPa opisanych w sprawozdaniu wymienionym w 1.4.5.

Element pomiarowy stanowi toczoną membranę ze sztywnikiem połączoną z belką dynamometryczną, na której naklejone są tensometry półprzewodnikowe typu AP 120-6-12 produkcji CSRS. Ze względu na dużą ilość zakresów pomiarowych /0 + 25; 0 + 40; 0 + 60; 0 + 100; 0 + 160; 0 + 250; 0 + 400; 0 + 600 kPa; 0 + 1 i 0 + 1,6 MPa/ niezbędne było opracowanie membran i belek dynamometrycznych o tych samych kształtach i gabarytach lecz o zróżnicowanych grubościach ~~ścianki~~ membrany i zróżnicowanych grubościach belki. Doboru grubości ~~ścianki~~ membrany i grubości belki dynamometrycznej oraz ich wzajemnego powiązania, dokonano na drodze teoretyczno-doświadczalnej tak, aby naprężenia występujące w tensometrach były możliwie jednakowe niezależnie od zakresu pomiarowego czujnika. Należy dodać, że membrany zaprojektowano z dwóch rodzajów materiałów, a mianowicie z wysokogatunkowego mosiądzu dla wszystkich zakresów oraz ze stali kwasoodpornej dla zakresów od 100 kPa wzwyż. Poniżej 100 kPa, przy jednakowej średnicy, ~~ścianka~~ membrana musiałaby być bardzo cienka, poniżej 0,1 mm, co stwarza duże trudności wykonawcze.

Wprowadzenie membran toczonych ze sztywnikiem w miejsce mieszkań umożliwiło:

- zmniejszenie <sup>wysokości</sup> obudowy czujnika.

- W przypadku stosowania mieszka obudowa musi być ok. 50% dłuższa niż w przypadku stosowania membran,
- zunifikowanie elementów do mocowania zespołów elektronicznych we wszystkich czujnikach,
  - ewentualne wykorzystanie ich do opracowania odmiany konstrukcyjnej czujników dla płynów gęstych i mazistych,
  - uniezależnienie się od producenta mieszkań.

Własności metrologiczne i użytkowe są takie same jak czujników o zakresach pomiarowych od 0 + 1 MPa do 0 + 60 MPa omówionych w sprawozdaniu wymienionym w 1.4.5.

#### 1.6. Dokumentacja konstrukcyjna prototypów

Dokumentacja konstrukcyjna prototypów czujników została opracowana w Zakładzie Pomiaru Ciśnienia i Temperatury z uwzględnieniem uwag zawartych w sprawozdaniu wymienionym w 1.4.5.

#### 1.7. Wykonawca prototypów

Detale prototypów zostały wykonane w Zakładzie Doświadczalnym MERA-PIAP, a montaż i regulację przeprowadzono w Zakładzie Pomiaru Ciśnienia i Temperatury oraz w Ośrodku Automatyki Elektrycznej MERA-PIAP.

Prototypy czujników wykonane były w oparciu o dokumentację konstrukcyjną wymienioną w 1.4.3 z tym, że dokonano pewnych odstępstw materiałowych z uwagi na ~~brak~~ *brak przewidzianych materiałów*. W omawianych prototypach zastosowano obudowy wcześniej wykonane dla czujników mieszkowych, które są wyższe od obudowy podanej w dokumentacji konstrukcyjnej. Nie ma to jednak ~~żadnego~~ żadnego znaczenia na własności metrologiczne i użytkowe wykonanych prototypów czujników.

## 2. Badania prototypów

### 2.1. Wykonawca badań prototypów

Badania zostały przeprowadzone w Zakładzie Pomiaru Ciśnienia i Temperatury oraz w Centralnej Stacji Prób Ośrodka

Badan Niezawodności i Jakości MERA-PIAP wg programu badań zawartego w projekcie normy zakładowej ZN-82/... „Czujnik tensometryczny ciśnienia”.

Badaniom poddano 9 prototypów o następujących zakresach pomiarowych:

- 0 + 25 kPa - 3 szt /nr nr 19; 20; 21/,
- 0 + 100 kPa - 3 szt /nr nr 22; 23; 24/,
- 0 + 1,6 MPa - 3 szt /nr nr 6; 7; 8/.

## 2.2. Podstawowe przyrządy i urządzenia używane podczas badań:

- kwarcowy ciśnieniomierz cyfrowy f-my MENSOR o zakresie pomiarowym 0 + 150 psi i klasie dokł. 0,03,
- manometr obciążnikowo-tłokowy typ MWP - 2,5, klasy 0,05 prod. ZSRR,
- manometr obciążnikowo-tłokowy o zakresie 0 + 25 kg/cm<sup>2</sup> klasy 0,05,
- prasa powietrzno-hydrauliczna typ PPH-25,
- komora termostatyczna typ ILKA,
- komora technoklimatyczna typ VEKZO5/160,
- próbnik przebicia typ P432A,
- induktorowy wskaźnik oporności izolacji typ IMI-1,
- zasilacz stabilizowany typ 204,
- przyrząd uniwersalny typ V-640,
- woltomierze cyfrowe typ V-534 i V-529,
- opornik dekadowy typ DR5b-16,
- oporniki wzorcowe RN-1 10Ω i RN-1 100Ω , klasy dokładności 0,01,
- cewka do wytwarzania zewnętrznych pól magnetycznych,
- wstrząsarka wibracyjna SG401 typ 03001,
- wstrząsarka udarowa,
- cyklarka do wytwarzania zmiennego ciśnienia /produkcja własna/,
- termometry szklane.

## 2.3. Rodzaje badań

Prototypy czujników ciśnienia poddano niżej wymienionym badaniom; z wyjątkiem badań wymienionych w podpunktach 13, 18 i 26:

- 1/ oględziny,
- 2/ sprawdzenie głównych wymiarów,
- 3/ sprawdzenie materiałów,
- 4/ sprawdzenie zacisków i złącz elektrycznych,
- 5/ sprawdzenie rezystancji izolacji,
- 6/ sprawdzenie wytrzymałości elektrycznej izolacji,
- 7/ sprawdzenie szczelności,
- 8/ sprawdzenie działania nastawnika zera,
- 9/ sprawdzenie charakterystyki statycznej i błędów podstawowych,
- 10/ sprawdzenie strefy histerezy,
- 11/ sprawdzenie rzędnej niejednoznaczności /wariacji/,
- 12/ sprawdzenie strefy nieczułości,
- 13/ sprawdzenie poboru mocy,
- 14/ sprawdzenie błędu dodatkowego wywołanego zmianą rezystancji obciążenia,
- 15/ sprawdzenie błędu dodatkowego wywołanego zmianą pozycji pracy,
- 16/ sprawdzenie odporności i wytrzymałości na suche gorąco,
- 17/ sprawdzenie odporności i wytrzymałości na zimno,
- 18/ sprawdzenie odporności na oddziaływanie zewnętrznych pól magnetycznych stałych i zmiennych o częstotliwości sieciowej,
- 19/ sprawdzenie odporności na wibracje sinusoidalne,
- 20/ sprawdzenie stałości parametrów,
- 21/ sprawdzenie odporności i wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe,
- 22/ sprawdzenie wytrzymałości na przeciążenie ciśnieniem statycznym,
- 23/ sprawdzenie wytrzymałości na cykliczne zmiany ciśnienia,
- 24/ sprawdzenie wytrzymałości na wibracje sinusoidalne,
- 25/ sprawdzenie wytrzymałości na udary mechaniczne,
- 26/ sprawdzenie stopnia ochrony obudowy.

Nie przeprowadzono sprawdzeń nr nr 13, 18 i 26, gdyż przyjęto za wystarczająco miarodajne wyniki sprawdzeń czujników o zakresie pomiarowym od 0 + 1 MPa do 0 + 60 MPa przedstawionych w sprawozdaniu wymienionym w 1.4.5.

#### 2.4. Opis badań

Badania przeprowadzono wg opisów poszczególnych sprawdzeń podanych w projekcie ZN-82/-... „Czujnik tensometryczny ciśnienia”

#### 2.5. Wyniki badań prototypów czujników

Szczegółowe wyniki sprawdzeń zawarte w kartach pomiarów znajdują się w Zakładzie Pomiaru Ciśnienia i Temperatury MERA-PIAP. Błędy wyliczone z tych wyników zestawiono w tablicach 1 + 45<sup>5</sup> stanowiących załącznik nr 1 do niniejszego sprawozdania.

Tablice są tak ułożone, że pozwalają prześledzić uzyskane błędy w poszczególnych sprawdzeniach w całym cyklu badań.

### 3. Analiza i ocena wyników badań

3.1. Wyniki badań wymienionych w 2.3 od 1 do 8 włącznie są pozytywne dla wszystkich badanych czujników i spełniają wymagania projektu ZN-82/-... „Czujnik tensometryczny ciśnienia”.

Przy sprawdzaniu materiałów i wymiarów wzięto pod uwagę informację podaną w 1.7 dotyczącą odstępstw materiałowych i wymiarowych /wysokość obudowy/ od podanych w dokumentacji konstrukcyjnej.

3.2. Wyniki badań wymienionych w 2.3 od 9 do 12 włącznie są pozytywne dla wszystkich badanych czujników i spełniają wymagania projektu ZN-82/-... „Czujnik tensometryczny ciśnienia” dla klasy dokładności 0,4. Maksymalne błędy nie przekraczały wartości 0,3%.

3.3. Wyniki badań <sup>14, 15, 20 i 22</sup> wymienionych w 2.3 ~~14, 15, 20 i 22~~ są pozytywne dla wszystkich badanych czujników i spełniają wymagania w/w projektu ZN dla klasy dokładności 0,4.



3.4. Wyniki badania<sup>16</sup>/wymienionego w 2.3... w zakresie odporności /błędy dodatkowe w temperaturach 30°C, 40°C i 55°C/ są pozytywne dla klasy dokładności 0,4 w czujnikach nr nr 6, 7, 8, 20, 21, 22 i 23 oraz dla klasy 0,6 w czujnikach nr nr 19 i 24.

Po przetrzymaniu w temp. 55°C /próba wytrzymałości / i następnie poddaniu reklimatyzacji do temp. odniesienia przeprowadzono sprawdzenie. Uzyskane wyniki wskazują na pewne zmiany w stosunku do wyników uzyskanych przed sprawdzeniem odporności i wytrzymałości na suche gorąco.

W ośmiu czujnikach wzrosły błędy, przy czym w czujnikach nr nr 6, 22 i 23 nie przekroczyły wartości 0,4%, a w czujnikach nr nr 7, 8, 19 i 20 wartości 0,6%.

W czujniku nr 24 nie zaobserwowano wzrostu błędów natomiast w czujniku nr 21 błąd wzrósł do wartości 0,93%.

Wyniki badań<sup>16</sup>/odporności i wytrzymałości/ wymienionego w 2.3... dla poszczególnych czujników spełniają wymagania odpowiadające następującym klasom dokładności:

- 0,4 - dla czujników nr nr 6, 22 i 23,
- 0,6 - dla czujników nr nr 7, 8, 19, 20 i 24
- 1,0 - dla czujnika nr 21.

Stosunkowo duży wzrost błędów mógł być wynikiem wyzwala-  
nia się naprężeń w zespole pomiarowym bądź zmian~~ami~~  
parametrów elektrycznych elementów elektronicznych.

3.5. Wyniki badania<sup>17</sup>/wymienionego w 2.3... w zakresie odporności /błędy dodatkowe w temperaturach +5°C i -10°C/ są pozytywne dla klasy dokładności 0,4 w czujniku nr 20, dla klasy dokładności 0,6 w czujnikach nr nr 8, 19, 21, 22, 23 i 24. Błędy dodatkowe w czujnikach nr nr 6 i 7 przekroczyły wartości dopuszczalne dla klasy dokładności 0,6. Uzyskane wartości odpowiadają klasie 1,0.

Po wyznaczeniu błędów dodatkowych w temperaturach +5°C i -10°C obniżono w komorze temperaturę do -25°C /próba wytrzymałości/ i przetrzymano w niej czujniki przez 8 h. Następnie poddano reklimatyzacji do temperatury odniesienia, w której dokonano sprawdzeń. Błędy wyznaczone w tym sprawdzeniu odpowiadają klasie dokładności:

0,4 - dla czujnika nr 22,  
0,6 - dla czujników nr nr 8, 20, 23 i 24,  
1,0 - dla czujników nr nr 6, 7, 19,  
1,6 - dla czujnika nr 21.  
Wyniki badań<sup>17</sup> /odporności i wytrzymałości/ wymienionego w 2.3 dla poszczególnych czujników spełniają wymagania odpowiadające następującym klasom dokładności:  
0,6 - dla czujników nr nr 8, 20, 22, 23 i 24,  
1,0 - dla czujników nr nr 6, 7 i 19,  
1,6 - dla czujnika nr 21.

3.6. Wyniki badań<sup>21</sup> wymienionego w 2.3 w zakresie odporności /błąd dodatkowy w temp. 40°C i wilgotności 95%/ są pozytywne dla<sup>klasy</sup> dokładności 0,4 w czujnikach nr nr 7, 19, 23 i 24, dla klasy 0,6 w czujnikach nr nr 8 i 20 oraz dla klasy 1 w czujnikach nr nr 6 i 22.

Po przetrzymaniu czujników w komorze przez 4 doby, w której wilgotność względna wynosiła 95% przy temperaturze 40°C, poddano czujniki reklimatyzacji do temperatury odniesienia a następnie dokonano sprawdzeń. Błędy wyznaczone w tym sprawdzeniu odpowiadają klasie dokładności:

0,4 - dla czujnika nr 8,  
0,6 - dla czujników nr nr 6 i 24,  
1,0 - dla czujników nr nr 7, 19, 20, 22 i 23,  
1,6 - dla czujnika nr 21.

Wyniki badań<sup>21</sup> /odporności i wytrzymałości/ wymienionego w 2.3 dla poszczególnych czujników spełniają wymagania odpowiadające następującym klasom dokładności:

0,6 - dla czujników nr nr 8 i 24,  
1,0 - dla czujników nr nr 6, 7, 19, 20, 22 i 23,  
1,6 - dla czujnika nr 21.

Wpływ działania wilgotności i temp. spowodował wyraźny wzrost błędów w czujnikach nr nr 20, 22 i 23, w których ~~zwiększyła~~ <sup>pogorszyła</sup> się klasa dokładności z 0,6 do 1,0. W pozostałych czujnikach również zauważono zmiany błędów ~~nie~~ <sup>jednak</sup> powodujących pogorszenia klasy w stosunku ~~do~~ do klasy w badaniu <sup>17</sup> wymienionym w 2.3.

Wyniki badań odporności i wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe potwierdziły to, że zarówno czujniki o zakresach ciśnień od  $0 \div 1$  MPa do  $0 \div 60$  MPa, których wyniki badań pełnych zawarte są w sprawozdaniu wymienionym w p. 1.4.5 jak i czujniki będące przedmiotem niniejszej pracy nie są w pełni odporne i wytrzymałe na działanie ██████ wilgotności 95% przy temperaturze otoczenia  $40^{\circ}\text{C}$ .

- 3.7. Wyniki badania <sup>23,</sup> wymienionego w p. 2.3 są pozytywne dla czujników nr nr 19, 20, 21, 22, 23 i 24. Zmiana wartości sygnału przed działaniem narażenia jak i po działaniu nie przekroczyła wartości 0,08%. Czujniki nr nr 6, 7 i 8 uległy podczas próby przeciążeniu ok. 200% na skutek awarii cyklarki /urządzenie do zadawania ciśnienia z odpowiednią częstotliwością/. Czujniki te uległy wyraźnemu uszkodzeniu i nie były poddawane dalszym badaniom.
- 3.8. Wyniki badania <sup>19,</sup> wymienionego w p. 2.3 są pozytywne, przy częstotliwości  $5 \div 35$  Hz i amplitudzie przemieszczenia 0,075 mm, dla klasy 0,4 w czujnikach nr nr 22, 23 i 24 i dla klasy 0,6 w czujnikach 19, 20 i 21. Mniejsza odporność na wibracje sinusoidalne czujników nr nr 19, 20 i 21 jest wynikiem znacznie mniejszej sztywności zespołu pomiarowego /membrana - belka dynamometryczna/ w stosunku do czujników nr nr 22, 23 i 24. Zakres pomiarowy pierwszych czujników jest najniższy i wynosi  $0 + 25$  kPa a drugich  $0 + 100$  kPa, a więc jest czterokrotnie większy.
- 3.9. Wyniki badań <sup>24 i 25,</sup> wymienionych w 2.3 uznano za pozytywne dla badanych czujników nr nr 19, 20, 21, 22, 23 i 24. Zmiana wartości sygnału przed działaniem narażeń i po działaniu narażenia nie przekraczała wartości 0,19%.

3.10. Po zakończeniu badań pełnych przeprowadzono szereg badań dodatkowych nie objętych programem. Badania te miały na celu ustalenie przyczyn niezadawalających wyników badań w temperaturach niższych od temperatury odniesienia. Ze względu na ograniczony czas, przeprowadzono badania dorywczo i nie na wszystkich egzemplarzach. Stwierdzono np., że w czujnikach nr nr 22, 23 i 24 uszkodziły się elementy elektroniczne w układzie stabilizatora napięcia. Zauważono wpływ zmian sztywności przewodów elektrycznych łączących końcówki tensometrów na belce dynamometrycznej z układem elektronicznym, szczególnie w czujnikach o najniższych zakresach pomiarowych.

Przeprowadzone badania dodatkowe nie pozwoliły jednak ustalić wszystkich przyczyn powodujących nadmierny wzrost błędów w niektórych czujnikach. Uważa się za celowe zdemontowanie czujników i przebadanie poszczególnych zespołów oraz elementów zarówno mechanicznych jak i elektronicznych.

### 3.11. Ocena wyników badań pełnych

Wynik pozytywny dla klasy dokładności 0,6 uzyskały dwa czujniki nr nr 8 i 24.

Dalsze trzy czujniki nr nr 20, 22 i 23 po pominięciu wyników badań odporności i wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe ~~na~~<sup>mają</sup> wynik pozytywny dla klasy dokładności 0,6. Pozostałe czujniki nie spełniają wymagań dla klasy dokładności 0,6 osiągając klasę dokładności 1,0 dla trzech czujników o nr nr 6, 7 i 19 oraz 1,6 dla czujnika nr 21. O wyżej przedstawionej ocenie zdecydowały wyniki badań w temperaturach otoczenia różnych od temp. odniesienia, szczególnie temperatury niższe od temp. odniesienia oraz działanie dużej wilgotności względnej /95% przy temp. 40°C/.

Należy zaznaczyć, że wyniki szeregu badań, przewidzianych programem badań pełnych, są pozytywne i to w większości dla klasy dokładności 0,4 spełniając wymagania projektu

ZN-82/-... „Czujnik tensometryczny ciśnienia”.

Stwierdzono stosunkowo małą odporność na wibracje sinusoidalne czujników, szczególnie o najniższym zakresie pomiarowym, tj. 0 + 25 kPa.

Jest to wynikiem małej sztywności zespołu pomiarowego obciążonego pawną masą elementów łączących membranę z belką dynamometryczną. Przy opracowywaniu konstrukcji przyjęto założenie pełnej unifikacji elementów i zespołów dla całego typoszeregu ciśnień od 0 + 25 kPa do 0 + 1,6 MPa, z wyjątkiem grubości membrany pomiarowej i grubości belki dynamometrycznej. Dlatego też zaprojektowano połączenie membrany z belką pod kątem najwyższych ciśnień oraz pod kątem pracy w dwóch kierunkach dla nadciśnień i dla podciśnień. Jest to połączenie sztywne, w którym podczas montażu powstają różne naprężenia. Nie wyklucza się, że połączenie to jest jedną z przyczyn niezadawalających wyników badań w temperaturach otoczenia różnych od temperatury odniesienia.

#### 4. W n i o s k i

- 4.1. Badania pełne prototypów czujników ciśnienia o zakresach pomiarowych 0 + 25 kPa; 0 + 100 kPa i 0 + 1,6 MPa wykazały, że właściwości metrologiczne i użytkowe wg wymagań projektu ZN-82/-... „Czujnik tensometryczny ciśnienia” spełniają dwa czujniki nr nr 8 i 24 dla klasy dokładności 0,6. Trzy dalsze czujniki nr nr 20, 22 i 23 po pominięciu wyników badań odporności i wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe również spełniają wymagania dla klasy 0,6. Trzy czujniki nr nr 6, 7 i 19 spełniają wymagania dla klasy dokładności 1,0 a jeden czujnik nr 21 dla klasy 1,6. Z uwagi na to, że w/w projekt ZN zakłada klasę dokładności nie gorszą jak 0,6, wyniki badań czujników nr nr 6, 7, 19 i 21 należy uznać za negatywne.

- 4.2. Niespełnienie wymagań projektu ZN dla klasy dokładności 0,4 i częściowo dla klasy 0,6 wynika z niezadawalających wyników badań odporności i wytrzymałości na działanie temperatur otoczenia różnych od temperatury odniesienia, szczególnie w zakresie temperatur ujemnych oraz odporności i wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe /wilgotność względna otaczającego powietrza 95% przy temp. 40°C/. Wyniki pozostałych badań przewidzianych programem badań spełniają wymagania w większości przypadków dla klasy 0,4 nie przekraczając klasy 0,6.
- 4.3. Badania odporności i wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe przeprowadzono zgodnie z wnioskiem 5.2 sprawozdania, wymienionego w 1.4.5, z badań prototypów czujników o zakresach od 0 + 1 MPa do 0 + 60 MPa. Ponieważ wyniki badań odporności i wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe czujników o zakresach ciśnień od 0 + 1 MPa do 0 + 60 MPa również były nie w pełni pozytywne postanowiono wówczas obniżyć górną granicę wilgotności względnej otaczającego powietrza z przyjętej w w/w projekcie normy ZN-82/-... 95% do 75%. Tym nie mniej postanowiono sprawdzić jeszcze raz odporność i wytrzymałość na w/w wilgotne gorąco stałe przy badaniach czujników o zakresach ciśnień od 0 + 25 kPa do 0 + 1,6 MPa dążąc do sprawdzenia czy opracowane czujniki nie mogą rzeczywiście pracować w bardzo trudnych warunkach środowiskowych pod względem wilgotności względnej. Wyniki badań czujników o zakresach ciśnień od 0 + 25 kPa do 0 + 1,6 MPa potwierdziły potrzebę obniżenia górnej granicy wilgotności względnej do 75%. Po uwzględnieniu obniżenia górnej granicy wilgotności względnej do 75% /przyjęcie parametrów wilgotności względnej dla lokalizacji B<sub>2</sub> wg PN-80/M-42020, którą przyjmuje się dla większości grup wyrobów/ nie należy brać pod uwagę przy ogólnej ocenie wyników, wyniku negatywnego badań odporności i wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe. Wilgotność względna otaczającego powietrza dla lokalizacji B<sub>2</sub> /10 + 75%/ wg PN-80/M-42020 nie ma żadnego wpływu na własności metrologiczne i użytkowe, co stwierdzono

podczas sprawdzenia charakterystyki statycznej i błędów podstawowych.

- 4.4. Badania pełne oraz badania dodatkowe nie pozwoliły jednoznacznie ustalić przyczyn niezadawalających wyników odporności i wytrzymałości na działanie przewidywanych w projekcie ZN skrajnych temperatur otoczenia  $-25^{\circ}\text{C}$ ;  $55^{\circ}\text{C}$ .

Przyczyn może być wiele, poczynając od niskiej jakości krajowych elementów elektronicznych, niewłaściwego materiału i wykonawstwa membrany pomiarowej jak również rozwiązania konstrukcyjnego połączenia membrany z belką dynamometryczną oraz przyjętego sposobu kompensacji temperaturowej. Trudność połączenia membrany z belką dynamometryczną wynika z przyjętego założenia, że każdy czujnik może pracować jako manometr, wakuometr lub manowakuometr. Tak więc jest to połączenie sztywne pracujące w dwóch kierunkach. Podczas skręcania membrany z belką występują w poszczególnych elementach złącza różne naprężenia. Ponieważ układ membrana-belka pracuje siłowo, wyzwalamie się różnych naprężeń powoduje zmiany sygnału.

Należy zaznaczyć, że dokumentacja konstrukcyjna przewiduje w procesie produkcyjnym starzenie zarówno termiczne jak i mechaniczne, ale być może jest ono nie wystarczające.

- 4.5. Biorąc powyższe pod uwagę uważa się za celowe przeprowadzenie prac mających na celu wykrycie przyczyn niezadawalających wyników badań w skrajnych temperaturach  $-25^{\circ}\text{C}$ ;  $55^{\circ}\text{C}$  i określenia dolnej i górnej granicy temperatury otoczenia, w których spełnione będą wymagania dla klas 0,4 lub 0,6 dla czujników o zakresach wskazań od 0 + 25 kPa do 0 + 1,6 MPa.

Jest też celowym przeprowadzenie dodatkowych prac nad podwyższeniem odporności czujników na wibracje sinusoidalne w tym w szczególności czujników o najniższych zakresach ciśnień.

Proponuje się demontaż badanych czujników i przeprowadzenie badań wybranych zespołów i elementów. W oparciu o uzyskane wyniki z badań należy dokonać ewentualnych zmian konstrukcyjnych, wykonać nowe prototypy wykorzystując dobre zespoły i elementy i poddać badaniom w pierwszej kolejności na te narażenia, które powodowały największe stosunkowo powiększenie błędów.

#### 5. Wniosek końcowy

Wnioskuje się podjęcie prac wymienionych wyżej we wniosku 4.5. Włożony dotychczas duży wkład pracy, uzyskane wyniki oraz brak produkcji krajowej podobnych czujników upoważnia do postawienia takiego wniosku. Szacuje się, że koszt tych prac wyniesie ok. 2,5 mln zł.



Z A Ł A C Z N I K N r 1

Tablice z wynikami badań

## OBJAŚNIENIA DO TABLIC

W kolumnach oznaczonych liczbami rzymskimi podane są błędy podstawowe  $\delta$  oraz strefa histerezy  $\delta_H$  uzyskane w poszczególnych sprawdzeniach przed i po próbie. W kolumnach oznaczonych  $\delta_p$ ,  $\delta_t$ ,  $\delta_R$ ,  $\delta_m$ ,  $\delta_w$  podane są uzyskane odpowiednie błędy dodatkowe.

- I - sprawdzenie charakterystyki statycznej i błędów podstawowych oraz strefy histerezy,
- II - sprawdzenie wstępne przy sprawdzaniu błędu dodatkowego wywołanego zmianą pozycji pracy,
- III - sprawdzenie wstępne } - przy sprawdzaniu odporności i wytrzymałości na suche gorąco,
- IV - sprawdzenie końcowe }
- V - sprawdzenie wstępne } - przy sprawdzaniu odporności i wytrzymałości na zimno,
- VI - sprawdzenie końcowe }
- VII - sprawdzenie wstępne } - przy sprawdzaniu stałości parametrów,
- VIII - sprawdzenie końcowe }
- IX - sprawdzenie wstępne } - przy sprawdzaniu odporności i wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe,
- X - sprawdzenie końcowe }
- XI - sprawdzenie wstępne } - przy sprawdzaniu wytrzymałości na przeciążenie ciśnieniem statycznym,
- XII - sprawdzenie końcowe }
- XIII - sprawdzenie wstępne } - przy sprawdzaniu wytrzymałości na cykliczne zmiany ciśnienia,
- XIV - sprawdzenie końcowe }
- XV - sprawdzenie końcowe - przy sprawdzaniu wytrzymałości na wibracje sinusoidalne,
- XVI - sprawdzenie końcowe - przy sprawdzaniu wytrzymałości na udary mechaniczne,

XVII - sprawdzenie wstępne } - przy sprawdzaniu stopnia  
XVIII - sprawdzenie końcowe } ochrony obudowy,

$\delta_{p1,2,3,4}$  - błąd dodatkowy wywołany zmianą pozycji pracy, odpowiednio od nominalnej pozycji w przód, tył, w lewo i w prawo,

$\delta_{t1,2,3,4,5}$  - błąd dodatkowy wywołany zmianą temperatury otoczenia, odpowiednio między temperaturą odniesienia a temperaturami otoczenia 30, 40, 55, 5 i  $-10^{\circ}\text{C}$ ,

$\delta_{t6,7,8,9}$  - błąd dodatkowy wywołany zmianą temperatury otoczenia przy sprawdzaniu odporności i wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe, odpowiednio po pierwszej, drugiej, trzeciej i czwartej dobie narażenia,

$\delta_{R1,2}$  - błąd dodatkowy wywołany zmianą rezystancji obciążenia, odpowiednio między rezystancją obciążenia  $10\ \Omega$  i  $125\ \Omega$  oraz między  $10\ \Omega$  i  $250\ \Omega$ ,

$\delta_{ms}$  i  $mz$  - błąd dodatkowy wywołany oddziaływaniem zewnętrznych pól magnetycznych, odpowiednio między polem magnetycznym ziemskim a polem stałym i zmiennym,

$\delta_{w1,2,3,4,5,6}$  - błąd dodatkowy wywołany wibracjami sinusoidalnymi odpowiednio bez wibracji i podczas działania wibracji o stałej amplitudzie przemieszczenia  $0,075\ \text{mm}$  i częstotliwościach 10, 15, 20, 25, 30 i 35 Hz,

↗ - błędy przy ciśnieniu wzrastającym,

↘ - błędy przy ciśnieniu malejącym,

+ - oznacza wynik pozytywny sprawdzenia,

- - oznacza wynik negatywny sprawdzenia.

Tablica 1

Ciśnienie wzorc. w MPa	Błędy podstawowe $\delta$ w %																																						
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII		XIII		XIV		XV		XVI		XVII		XVIII				
	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘			
0,0	-0,01	0,10	-0,23	-0,08	-0,01	0,10	0,11	0,14	-0,22	-0,15	-0,83	-0,68	-0,10	0,06	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,45	0,44	-0,08	-0,07	-0,05	-0,01															
0,2	-0,04	0,00	-0,32	-0,21	-0,04	0,00	0,04	0,05	-0,39	-0,32	-0,92	-0,81	-0,21	-0,09	-0,15	-0,07	-0,15	-0,07	-0,45	-0,42	-0,14	-0,12	-0,13	-0,09															
0,4	-0,10	-0,05	-0,34	-0,20	-0,10	-0,05	0,03	0,04	-0,40	-0,28	-0,94	-0,80	-0,24	-0,07	-0,14	-0,04	-0,14	-0,04	-0,42	-0,39	-0,18	-0,16	-0,20	-0,16															
0,6	-0,10	-0,04	-0,32	-0,17	-0,10	-0,04	0,06	0,07	-0,39	-0,27	-0,92	-0,78	-0,23	-0,05	-0,18	-0,07	-0,18	-0,07	-0,34	-0,32	-0,17	-0,10	-0,16	-0,10															
0,8	-0,09	-0,04	-0,30	-0,16	-0,09	-0,04	0,10	0,11	-0,38	-0,26	-0,90	-0,76	-0,32	-0,16	-0,22	-0,11	-0,22	-0,11	-0,26	-0,25	-0,13	-0,07	-0,08	0,01															
1,0	-0,08	-0,03	-0,28	-0,15	-0,08	-0,03	0,13	0,12	-0,34	-0,25	-0,88	-0,75	-0,18	-0,04	-0,14	-0,03	-0,14	-0,03	-0,19	-0,21	-0,10	-0,03	-0,09	0,00															
1,2	-0,05	-0,01	-0,22	-0,09	-0,05	-0,01	0,19	0,16	-0,27	-0,19	-0,82	-0,69	-0,16	-0,01	-0,10	0,00	-0,10	0,00	-0,10	-0,11	-0,08	0,00	-0,05	0,02															
1,4	0,00	0,03	-0,21	-0,08	0,00	0,03	0,26	0,22	-0,23	-0,15	-0,81	-0,68	-0,11	0,04	-0,08	0,00	-0,08	0,00	-0,01	-0,04	0,01	0,05	-0,02	0,05															
1,6	0,06	0,09	-0,16	-0,04	0,06	0,09	0,34	0,30	-0,18	-0,09	-0,76	-0,64	-0,07	0,05	-0,01	0,04	-0,01	0,04	0,09	0,07	0,05	0,12	0,04	0,08															

Tablica 2

Ciśnienie wzorc. w MPa	Strefa histerezy $\delta_H$ w %																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
0,0	0,11	0,15	0,11	0,03	0,07	0,15	0,16	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04						
0,2	0,04	0,11	0,04	0,01	0,07	0,11	0,12	0,08	0,08	0,03	0,02	0,04						
0,4	0,05	0,14	0,05	0,01	0,12	0,14	0,17	0,10	0,10	0,03	0,02	0,04						
0,6	0,06	0,15	0,06	0,01	0,12	0,14	0,18	0,11	0,11	0,02	0,07	0,06						
0,8	0,05	0,14	0,05	0,01	0,12	0,14	0,16	0,11	0,11	0,01	0,06	0,09						
1,0	0,05	0,13	0,05	-0,01	0,09	0,13	0,14	0,11	0,11	-0,02	0,07	0,09						
1,2	0,04	0,13	0,04	-0,03	0,08	0,13	0,15	0,10	0,10	-0,01	0,08	0,07						
1,4	0,03	0,13	0,03	-0,04	0,08	0,13	0,15	0,08	0,08	-0,03	0,04	0,07						
1,6	0,03	0,12	0,03	-0,04	0,09	0,12	0,12	0,05	0,05	-0,02	0,07	0,04						

Oznaczenie błędu	Dopuszczalne wartości błędów dla klasy	
	0,4	0,6
$\delta$	$\pm 0,4\%$	$\pm 0,6\%$
$\delta_H$	0,4%	0,6%
$\delta_p$	$\pm 0,32\%/5^\circ$	$\pm 0,48\%/5^\circ$
$\delta_t$	$\pm 0,32\%/10^\circ$	$\pm 0,48\%/10^\circ$
$\delta_R$		
$\delta_m$	$\pm 0,32\%$	$\pm 0,48\%$
$\delta_w$		

Tablica 3

Rzędna niejednoznaczności (wariancja)	0,005%
Strefa nieczułości	+
Pobór mocy	0,38W
Rezystancja izolacji	+
Wytrzymałość elektr. izolacji	+

Tablica 4

Ciśnienie wzorc. w MPa	Błędy dodatkowe wywołane																									
	zmianą pozycji pracy w %/5°				zmianą temperatury otoczenia w %/10°C																					
	$\delta_{p1}$	$\delta_{p2}$	$\delta_{p3}$	$\delta_{p4}$	$\delta_{t1}$	$\delta_{t2}$	$\delta_{t3}$	$\delta_{t4}$	$\delta_{t5}$	$\delta_{t6}$	$\delta_{t7}$	$\delta_{t8}$	$\delta_{t9}$	$\delta_{t10}$	$\delta_{t11}$	$\delta_{t12}$	$\delta_{t13}$	$\delta_{t14}$	$\delta_{t15}$							
0,0					0,13	0,22	0,04	0,13	-0,04	-0,02	-0,63	0,71	-0,70	-0,77	0,50	0,51	0,58	0,57	0,47	0,45	0,34	0,24				
0,2	0,07	0,09	0,03	0,09	0,11	0,12	0,03	0,08	0,09	0,22	0,06	0,12	-0,02	0,01	-0,80	-0,70	-0,70	-0,75	0,52	0,50	0,58	0,54	0,50	0,46	0,36	0,26
0,4									0,12	0,23	0,06	0,13	0	0,03	-0,56	-0,64	-0,68	-0,73	0,53	0,52	0,62	0,56	0,53	0,48	0,40	0,28
0,6									0,11	0,22	0,06	0,13	0,03	0,06	-0,49	-0,57	-0,63	-0,69	0,56	0,54	0,68	0,59	0,57	0,50	0,45	0,31
0,8	0,07	0,09	0,04	0,09	0,09	0,12	0,04	0,07	0,10	0,23	0,08	0,15	0,06	0,08	-0,44	-0,52	-0,62	-0,67	0,59	0,55	0,68	0,61	0,60	0,54	0,47	0,34
1,0									0,09	0,26	0,11	0,17	0,08	0,11	-0,40	-0,57	-0,61	-0,66	0,60	0,58	0,71	0,64	0,62	0,58	0,51	0,35
1,2									0,11	0,25	0,14	0,19	0,11	0,14	-0,40	-0,48	-0,62	-0,67	0,64	0,61	0,72	0,68	0,67	0,61	0,54	0,43
1,4									0,13	0,26	0,17	0,21	0,14	0,17	-0,40	-0,48	-0,64	-0,70	0,68	0,67	0,78	0,75	0,71	0,67	0,59	0,42
1,6	0,09	0,05	0,05	0,07	0,03	0,05	0,02	0,03	0,14	0,27	0,17	0,24	0,18	0,20	-0,42	-0,50	-0,68	-0,73	0,67	0,71	0,79	0,78	0,75	0,72	0,62	0,55

Tablica 5

Ciśnienie wzorc. w MPa	Błędy dodatkowe w % wywołane																							
	zmianą rezystancji obciążenia		zewnętrznym polem magnetycznym		wibracjami sinusoidalnymi																			
	$\delta_{r1}$	$\delta_{r2}$	$\delta_{ms}$	$\delta_{mz}$	$\delta_{w1}$	$\delta_{w2}$	$\delta_{w3}$	$\delta_{w4}$	$\delta_{w5}$	$\delta_{w6}$														
0,2	0,00	0,00			0,04	0,04	0,07	0,09	0,11	0,16														
0,8	0,01	0,02			0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13														
1,6	0,00	0,02			0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	0,16														

Tablica 6

Ciśnienie wzorc. w MPa	Błędy podstawowe $\delta$ w %																																				
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII		XIII		XIV		XV		XVI		XVII		XVIII		
	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘			
0,0	-0,01	0,06	-0,19	-0,16	-0,01	0,06	0,30	0,31	-0,08	-0,04	-0,88	-0,74	0,08	0,17	0,08	0,11	0,08	0,11	0,22	0,25	-0,11	-0,12	-0,06	-0,03													
0,2	-0,05	-0,03	-0,21	-0,21	-0,05	-0,03	0,26	0,22	-0,21	-0,20	-0,91	-0,83	0,03	0,05	0,07	0,09	0,07	0,09	0,26	0,23	-0,14	-0,14	-0,14	-0,13													
0,4	-0,09	-0,07	-0,21	-0,19	-0,09	-0,07	0,25	0,24	-0,23	-0,18	-0,89	-0,78	0,09	0,15	0,08	0,09	0,08	0,09	0,29	0,27	-0,16	-0,15	-0,18	-0,16													
0,6	-0,09	-0,06	-0,09	-0,02	-0,09	-0,06	0,28	0,28	-0,21	-0,13	-0,84	-0,73	0,09	0,16	0,15	0,19	0,15	0,19	0,35	0,32	-0,15	-0,12	-0,18	-0,16													
0,8	-0,10	-0,06	-0,08	-0,02	-0,10	-0,06	0,29	0,31	-0,21	-0,13	-0,81	-0,69	0,13	0,20	0,17	0,20	0,17	0,20	0,41	0,42	-0,14	-0,10	-0,15	-0,11													
1,0	-0,09	-0,05	-0,11	-0,02	-0,09	-0,05	0,32	0,35	-0,21	-0,11	-0,78	-0,65	0,16	0,26	0,22	0,29	0,22	0,29	0,46	0,51	-0,12	-0,08	-0,15	-0,13													
1,2	-0,06	-0,02	-0,01	0,05	-0,06	-0,02	0,39	0,40	-0,19	-0,11	-0,73	-0,60	0,21	0,29	0,28	0,34	0,28	0,34	0,50	0,57	-0,07	-0,03	-0,10	-0,07													
1,4	-0,03	0,00	-0,04	0,06	-0,03	0,00	0,45	0,45	-0,19	-0,11	-0,73	-0,59	0,23	0,32	0,34	0,40	0,34	0,40	0,55	0,62	-0,01	0,02	-0,04	-0,01													
1,6	0,02	0,00	-0,02	0,05	0,02	0,00	0,54	0,52	-0,23	-0,14	-0,79	-0,71	0,25	0,32	0,34	0,41	0,34	0,41	0,57	0,66	0,05	0,08	0,01	0,02													

Tablica 7

Ciśnienie wzorc. w MPa	Strefa histerezy $\delta_H$ w %																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
0,0	0,07	0,03	0,07	0,01	0,04	0,14	0,09	0,03	0,03	0,03	-0,01	0,03						
0,2	0,02	0,00	0,02	-0,04	0,01	0,08	0,02	0,02	0,02	-0,03	0,00	0,01						
0,4	0,02	0,02	0,02	-0,01	0,05	0,11	0,06	0,01	0,01	-0,02	0,01	0,02						
0,6	0,03	0,07	0,03	0,00	0,08	0,11	0,07	0,04	0,04	-0,03	0,03	0,02						
0,8	0,04	0,06	0,04	0,02	0,08	0,12	0,07	0,03	0,03	0,01	0,04	0,04						
1,0	0,04	0,09	0,04	0,03	0,10	0,13	0,10	0,07	0,07	0,05	0,04	0,02						
1,2	0,04	0,06	0,04	0,01	0,08	0,13	0,08	0,06	0,06	0,07	0,04	0,03						
1,4	0,03	0,10	0,03	0,00	0,08	0,14	0,09	0,06	0,06	0,07	0,03	0,03						
1,6	0,02	0,07	0,02	-0,02	0,09	0,12	0,07	0,07	0,07	0,09	0,03	0,01						

Oznaczenie błędu	Dopuszczalne wartości błędów dla klasy	
	0,4	0,6
$\delta$	$\pm 0,4\%$	$\pm 0,6\%$
$\delta_H$	0,4%	0,6%
$\delta_p$	$\pm 0,32\%/5^\circ$	$\pm 0,48\%/5^\circ$
$\delta_t$	$\pm 0,32\%/10^\circ$	$\pm 0,48\%/10^\circ$
$\delta_p$	$\pm 0,32\%$	$\pm 0,48\%$
$\delta_m$		
$\delta_w$		

Tablica 8

Rzędna niejednoznaczności (wariancja)	0,010%
Strefa nieczułości	+
Pobór mocy	0,37W
Rezystancja izolacji	+
Wytrzymałość elektr. izolacji	+

Tablica 9

Ciśnienie wzorc. w MPa	Błędy dodatkowe wywołane																									
	zmianą pozycji pracy w %/5°				zmianą temperatury otoczenia w %/10°C																					
	$\delta_{p1}$	$\delta_{p2}$	$\delta_{p3}$	$\delta_{p4}$	$\delta_{t1}$	$\delta_{t2}$	$\delta_{t3}$	$\delta_{t4}$	$\delta_{t5}$	$\delta_{t6}$	$\delta_{t7}$	$\delta_{t8}$	$\delta_{t9}$	$\delta_{t10}$	$\delta_{t11}$	$\delta_{t12}$	$\delta_{t13}$	$\delta_{t14}$								
0,0					0,03	0,08	-0,09	-0,02	-0,10	-0,02	-0,36	-0,51	-0,51	-0,52	0,10	0,08	0,09	0,06	0,08	0,07	0,09	0,08				
0,2	-0,01	0,00	0,03	0,04	-0,04	-0,02	-0,02	0,00	0,01	0,10	-0,10	-0,03	-0,11	-0,03	-0,40	-0,44	-0,60	-0,60	0,04	0,06	0,08	0,06	0,08	0,05	0,10	0,08
0,4									0,01	0,10	-0,09	-0,03	-0,11	-0,03	-0,42	-0,50	-0,62	-0,63	0,04	0,06	0,08	0,06	0,08	0,07	0,11	0,09
0,6									0,01	0,09	-0,10	-0,04	-0,11	-0,03	-0,44	-0,53	-0,64	-0,65	0,04	0,05	0,08	0,06	0,10	0,08	0,13	0,10
0,8	-0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,03	-0,01	0,02	0,01	0,08	-0,09	-0,04	-0,11	-0,04	-0,47	-0,54	-0,66	-0,67	0,03	0,05	0,07	0,06	0,09	0,08	0,13	0,11
1,0									-0,01	0,07	-0,09	-0,04	-0,12	-0,03	-0,50	-0,59	-0,68	-0,69	0,02	0,05	0,06	0,05	0,09	0,09	0,14	0,13
1,2									0,01	0,08	-0,09	-0,05	-0,12	-0,04	-0,53	-0,60	-0,70	-0,71	0,00	0,01	0,04	0,03	0,08	0,06	0,15	0,11
1,4									-0,01	0,08	-0,08	-0,05	-0,12	-0,04	-0,58	-0,66	-0,73	-0,73	0,02	0,00	0,03	0,02	0,07	0,06	0,16	0,13
1,6	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,05	0,04	0,06	-0,01	0,07	-0,08	-0,04	-0,12	-0,04	-0,60	-0,68	-0,75	-0,75	0,03	0,01	0,04	0,02	0,07	0,07	0,18	0,16

Tablica 10

Ciśnienie wzorc. w MPa	Błędy dodatkowe w % wywołane																						
	zmianą rezystancji obciążenia		zmiennym polem magnetycznym		wibracjami sinusoidalnymi																		
	$\delta_{r1}$	$\delta_{r2}$	$\delta_{m1}$	$\delta_{m2}$	$\delta_{v1}$	$\delta_{v2}$	$\delta_{v3}$	$\delta_{v4}$	$\delta_{v5}$	$\delta_{v6}$													
0,2	0,01	0,02			0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11													
0,8	0,00	0,01			0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,12													
1,6	-0,01	0,01			0,04	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11													

Tablica 11

Ciśnienie wzorc. w MPa	Błędy podstawowe $\delta$ w %																																						
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII		XIII		XIV		XV		XVI		XVII		XVIII				
	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘			
0,0	-0,12	-0,06	0,02	-0,05	-0,12	-0,06	-0,05	-0,03	-0,21	-0,23	-0,25	-0,13	-0,03	-0,01	-0,04	-0,09	-0,04	-0,09	-0,25	-0,29	-0,17	-0,18	-0,14	-0,12															
0,2	-0,12	-0,08	-0,10	-0,09	-0,12	-0,08	-0,07	-0,02	-0,37	-0,30	-0,28	-0,12	-0,08	0,01	-0,02	-0,03	-0,02	-0,03	-0,20	0,15	-0,16	-0,11	-0,15	-0,11															
0,4	-0,11	-0,02	-0,12	0,01	-0,11	-0,02	-0,04	0,09	-0,37	0,19	-0,25	-0,03	-0,02	0,15	0,03	0,09	0,03	0,09	-0,14	0,02	-0,14	-0,01	-0,13	0,01															
0,6	-0,07	0,07	-0,11	0,12	-0,07	0,07	0,05	0,26	-0,31	0,00	-0,24	0,00	0,06	0,27	0,10	0,19	0,10	0,19	-0,04	0,15	-0,07	0,14	-0,07	0,13															
0,8	-0,01	0,14	-0,13	0,12	-0,01	0,14	0,12	0,37	-0,23	0,14	-0,24	0,08	0,14	0,33	0,17	0,24	0,17	0,24	0,06	0,30	-0,01	0,26	0,02	0,25															
1,0	0,01	0,18	-0,07	0,16	0,01	0,18	0,21	0,38	-0,13	0,20	-0,26	-0,01	0,19	0,38	0,23	0,25	0,23	0,25	0,13	0,39	0,07	0,26	0,05	0,24															
1,2	0,04	0,15	-0,08	0,11	0,04	0,15	0,29	0,45	-0,05	0,22	-0,28	-0,06	0,23	0,32	0,27	0,31	0,27	0,31	0,22	0,40	0,14	0,28	0,08	0,25															
1,4	-0,03	0,06	-0,15	-0,02	-0,03	0,06	0,30	0,39	0,01	0,14	-0,38	-0,18	0,15	0,31	0,22	0,27	0,22	0,27	0,26	0,36	0,13	0,27	0,10	0,21															
1,6	-0,14	-0,08	-0,30	-0,19	-0,14	-0,08	0,18	0,29	-0,07	0,03	-0,53	0,35	0,03	0,12	0,07	0,13	0,07	0,13	0,24	0,25	0,07	0,16	0,02	0,14															

Tablica 12

Ciśnienie wzorc. w MPa	Strefa histerezy $\delta_H$ w %																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
0,0	0,06	-0,07	0,06	0,02	-0,02	0,12	0,02	-0,05	-0,05	-0,04	-0,01	-0,02						
0,2	0,04	0,01	0,04	0,05	0,07	0,16	0,07	-0,01	-0,01	0,05	0,05	0,04						
0,4	0,09	0,13	0,09	0,13	0,18	0,22	0,17	0,06	0,06	0,16	0,03	0,14						
0,6	0,14	0,23	0,14	0,21	0,31	0,24	0,21	0,09	0,09	0,19	0,21	0,20						
0,8	0,15	0,25	0,15	0,25	0,37	0,32	0,19	0,07	0,07	0,24	0,25	0,23						
1,0	0,17	0,23	0,17	0,17	0,33	0,25	0,19	0,02	0,02	0,26	0,19	0,19						
1,2	0,11	0,19	0,11	0,16	0,27	0,22	0,09	0,04	0,04	0,18	0,14	0,17						
1,4	0,09	0,13	0,09	0,09	0,13	0,20	0,16	0,05	0,05	0,10	0,14	0,11						
1,6	0,06	0,11	0,06	0,11	0,10	0,18	0,09	0,06	0,06	0,01	0,09	0,12						

Oznaczenie błęd	Dopuszczalne wartości błędów dla klasy	
	0,4	0,6
$\delta$	$\pm 0,4\%$	$\pm 0,6\%$
$\delta_H$	0,4%	0,6%
$\delta_p$	$\pm 0,32\%/5^\circ$	$\pm 0,48\%/5^\circ$
$\delta_t$	$\pm 0,32\%/10^\circ$	$\pm 0,48\%/10^\circ$
$\delta_R$		
$\delta_m$	$\pm 0,32\%$	$\pm 0,48\%$
$\delta_w$		

Tablica 13

Rzędna niejednoznaczności (wariancja)	0,005%
Strefa nieczułości	+
Pobór mocy	0,37W
Rezystancja izolacji	+
Wytrzymałość elekt. izolacji	+

Tablica 14

Ciśnienie wzorc. w MPa	Błędy dodatkowe wywołane																									
	zmianą pozycji pracy w %/5°								zmianą temperatury otoczenia w %/10°C																	
	$\delta_{p1}$	$\delta_{p2}$	$\delta_{p3}$	$\delta_{p4}$	$\delta_{t1}$	$\delta_{t2}$	$\delta_{t3}$	$\delta_{t4}$	$\delta_{t5}$	$\delta_{t6}$	$\delta_{t7}$	$\delta_{t8}$	$\delta_{t9}$													
0,0								0,17	0,16	0,20	0,25	0,10	0,18	-0,23	-0,25	-0,33	-0,33	0,27	0,32	0,32	0,31	0,31	0,30	0,29	0,28	
0,2	0,06	0,06	0,05	0,08	0,03	0,08	0,05	0,07	0,18	0,19	0,24	0,25	0,12	0,19	-0,28	-0,24	-0,35	-0,31	0,29	0,30	0,34	0,29	0,33	0,29	0,33	0,28
0,4								0,18	0,18	0,25	0,24	0,15	0,19	-0,32	-0,28	-0,39	-0,31	0,30	0,26	0,35	0,26	0,34	0,25	0,33	0,25	
0,6								0,18	0,16	0,26	0,19	0,16	0,18	-0,34	-0,27	-0,41	-0,31	0,29	0,24	0,34	0,23	0,34	0,24	0,33	0,23	
0,8	0,04	0,20	0,04	0,20	0,05	0,21	0,03	0,17	0,16	0,09	0,24	0,16	0,16	0,17	-0,34	-0,28	-0,43	-0,32	0,27	0,21	0,27	0,21	0,34	0,22	0,31	0,21
1,0								0,17	0,06	0,21	0,14	0,15	0,15	-0,36	-0,30	-0,46	-0,34	0,22	0,19	0,27	0,19	0,29	0,21	0,28	0,19	
1,2								0,14	0,09	0,20	0,15	0,15	0,17	-0,39	-0,34	-0,43	-0,38	0,17	0,15	0,23	0,16	0,25	0,16	0,25	0,16	
1,4								0,16	0,13	0,18	0,17	0,14	0,19	-0,46	-0,38	-0,45	-0,43	0,15	0,13	0,23	0,15	0,23	0,16	0,25	0,15	
1,6	0,03	0,05	0,02	-0,01	0,03	0,02	0,04	0,03	0,10	0,16	0,17	0,19	0,14	0,22	-0,48	-0,45	-0,47	-0,48	0,15	0,19	0,26	0,18	0,26	0,19	0,26	0,21

Tablica 15

Ciśnienie wzorc. w MPa	Błędy dodatkowe w % wywołane											
	zmianą rezystancji obciążenia		zewnętrznym polem magnetycznym		wibracjami sinusoidalnymi							
	$\delta_{r1}$	$\delta_{r2}$	$\delta_{m1}$	$\delta_{m2}$	$\delta_{v1}$	$\delta_{v2}$	$\delta_{v3}$	$\delta_{v4}$	$\delta_{v5}$	$\delta_{v6}$		
0,2	0,00	0,01			0,03	0,04	0,05	0,07	0,10	0,14		
0,8	0,01	0,01			0,03	0,04	0,07	0,08	0,10	0,13		
1,6	0,01	0,01			0,04	0,04	0,06	0,07	0,08	0,12		



Tablica 21

Ciśnienie wzorc. w kPa	Błędy podstawowe $\delta$ w %																																			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII																		
0	0,10	0,10	0,14	0,12	0,10	0,10	0,26	0,24	0,23	0,22	0,21	0,19	0,13	0,11	0,05	0,05	0,05	0,05	-0,69	-0,71	0,01	0,02	0,06	0,08	-0,53	-0,55	-0,57	-0,52	-0,53	-0,55	-0,11	-0,12				
5	-0,15	-0,15	0,08	0,03	-0,15	-0,15	-0,01	0,03	-0,10	-0,08	-0,15	-0,13	-0,15	-0,25	-0,22	-0,26	-0,22	-0,26	-0,84	-0,86	-0,21	-0,18	-0,17	-0,15	-0,59	-0,56	-0,58	-0,55	-0,59	-0,56	-0,35	-0,33				
10	-0,15	-0,08	-0,02	0,05	-0,15	-0,08	0,01	0,09	-0,14	-0,05	-0,27	-0,20	-0,16	-0,10	-0,25	0,17	-0,25	0,17	-0,76	-0,75	-0,15	-0,10	-0,11	-0,06	-0,57	-0,47	-0,52	-0,42	-0,57	-0,47	-0,28	-0,24				
15	0,04	0,11	0,03	0,12	0,04	0,11	0,24	0,39	0,00	0,09	-0,19	-0,08	-0,06	0,01	-0,05	-0,06	-0,05	-0,06	-0,44	-0,38	-0,05	0,04	-0,01	0,09	-0,37	-0,34	-0,39	-0,31	-0,37	-0,34	-0,11	0,01				
20	0,15	0,28	0,04	0,13	0,15	0,28	0,37	0,54	0,07	0,18	-0,19	-0,10	0,04	0,08	0,01	0,09	0,01	0,09	-0,34	-0,26	0,12	0,16	0,14	0,23	-0,25	-0,11	-0,20	-0,09	-0,25	-0,11	0,02	0,15				
25	0,05	0,13	-0,22	-0,12	0,05	0,13	0,29	0,42	-0,13	-0,04	-0,47	-0,37	-0,17	-0,09	-0,13	-0,17	-0,13	-0,11	-0,40	-0,32	0,00	0,06	0,02	0,05	-0,29	-0,19	-0,23	-0,14	-0,29	-0,19	0,03	0,07				

Tablica 22

Ciśnienie wzorc. w kPa	Strefa histerezy $\delta_H$ w %																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
0	0,00	-0,02	0,00	-0,02	-0,01	-0,02	-0,02	0,00	0,00	-0,02	0,01	0,02	-0,02	-0,01	-0,02	-0,01		
5	0,00	0,05	0,00	0,04	0,02	0,02	-0,10	-0,04	-0,04	-0,02	0,03	0,08	0,03	0,03	0,03	0,02		
10	0,07	0,07	0,07	0,08	0,09	0,07	0,06	0,08	0,08	0,01	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,04		
15	0,07	0,09	0,07	0,15	0,09	0,11	0,05	-0,01	-0,01	0,06	0,09	0,10	0,03	0,08	0,03	0,12		
20	0,13	0,09	0,13	0,17	0,11	0,09	0,04	0,08	0,08	0,08	0,04	0,09	0,14	0,11	0,14	0,13		
25	0,08	0,10	0,08	0,13	0,09	0,10	0,08	0,02	0,02	0,08	0,06	0,03	0,10	0,09	0,10	0,04		

Oznaczenie błęd	Dopuszczalne wartości błędów dla klasy	
	0,4	0,6
$\delta$	$\pm 0,4\%$	$\pm 0,6\%$
$\delta_H$	0,4%	0,6%
$\delta_p$	$\pm 0,32\%/5^\circ$	$\pm 0,48\%/5^\circ$
$\delta_t$	$\pm 0,32\%/10^\circ$	$\pm 0,48\%/10^\circ$
$\delta_R$	$\pm 0,32\%$	$\pm 0,48\%$
$\delta_m$		
$\delta_w$		

Tablica 23

Rzędna niejednoznaczności (wariancja)	0,005 %
Strefa nieczułości	+
Pobór mocy	0,37 W
Rezystancja izolacji	+
Wytrzymałość elektr. izolacji	+

Tablica 24

Ciśnienie wzorc. w kPa	Błędy dodatkowe wywołane																																	
	zmiana pozycji pracy w %/5°								zmiana temperatury otoczenia w %/10°C																									
	$\delta_{p1}$	$\delta_{p2}$	$\delta_{p3}$	$\delta_{p4}$	$\delta_{t1}$	$\delta_{t2}$	$\delta_{t3}$	$\delta_{t4}$	$\delta_{t5}$	$\delta_{t6}$	$\delta_{t7}$	$\delta_{t8}$	$\delta_{t9}$																					
0								0,01	0,04	0,01	0,01	-0,01	-0,01	0,02	-0,01	-0,01	0,00	-0,36	-0,36	-0,39	-0,39	-0,47	-0,47	-0,48	-0,48									
5	0,02	-0,05	0,07	0,05	0,07	-0,09	0,05	-0,01	0,02	0,06	0,04	0,02	0,03	0,02	0,01	0,00	-0,07	-0,04	-0,33	-0,30	-0,35	-0,32	-0,43	-0,40	-0,47	-0,45								
10								0,01	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	-0,02	-0,07	-0,09	-0,30	-0,30	-0,29	-0,32	-0,38	-0,41	-0,40	-0,43									
15	0,05	-0,02	0,19	0,10	0,03	0,06	0,02	-0,03	0,04	0,01	0,04	0,06	0,07	0,07	-0,01	-0,02	-0,14	-0,14	-0,25	-0,22	-0,27	-0,22	-0,35	-0,33	-0,40	-0,35								
20								0,01	0,05	0,05	0,07	0,11	0,07	0,01	-0,02	-0,19	-0,21	-0,23	-0,25	-0,23	-0,25	-0,30	-0,30	-0,36	-0,34									
25	0,11	0,04	0,14	0,05	0,04	-0,02	0,03	-0,10	0,01	0,02	0,06	0,09	0,12	0,09	0,02	-0,01	-0,18	-0,24	-0,18	-0,15	-0,19	-0,16	-0,28	-0,22	-0,33	-0,28								

Tablica 25

Ciśnienie wzorc. w kPa	Błędy dodatkowe w % wywołane											
	zmiana rezystancji obciążenia				zmiennym polem magnetycznym				wibracjami sinusoidalnymi			
	$\delta_{r1}$	$\delta_{r2}$	$\delta_{ms}$	$\delta_{mz}$	$\delta_{w1}$	$\delta_{w2}$	$\delta_{w3}$	$\delta_{w4}$	$\delta_{w5}$	$\delta_{w6}$		
5	0,00	0,02			0,16	0,19	0,28	0,21	0,36	0,46		
15	0,01	0,01			0,17	0,23	0,32	0,23	0,38	0,48		
25	0,00	0,01			0,15	0,22	0,30	0,30	0,41	0,48		





Tablica 31

Ciśnienie wzorc. w kPa	Błędy podstawowe $\delta$ w %																																					
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII		XIII		XIV		XV		XVI		XVII		XVIII			
	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘		
0	0,03	0,01	0,12	0,08	0,03	0,01	-0,03	0,02	0,09	0,07	-0,01	-0,01	0,00	-0,02	0,01	-0,01	0,01	-0,01	-0,46	-0,45	0,09	0,09	0,09	0,06	-0,03	-0,05	-0,04	-0,07	-0,03	-0,05	-0,04	-0,07						
20	-0,13	-0,08	0,04	0,04	-0,13	-0,08	-0,16	-0,04	-0,07	0,00	-0,17	-0,08	-0,16	0,06	-0,14	-0,10	-0,14	-0,10	-0,64	-0,53	-0,08	-0,02	-0,07	-0,03	-0,15	-0,07	-0,17	-0,11	-0,15	-0,07	-0,20	-0,10						
40	-0,12	-0,01	0,01	0,12	-0,12	-0,01	-0,14	0,02	-0,04	0,09	-0,14	0,02	-0,16	0,00	-0,11	-0,01	-0,11	-0,01	-0,77	-0,60	-0,07	0,05	-0,06	0,04	-0,13	0,00	-0,14	-0,01	-0,13	0,00	-0,16	-0,02						
60	-0,04	0,10	0,07	0,23	-0,04	0,10	-0,02	0,17	0,05	0,10	-0,03	0,12	-0,10	0,05	-0,05	0,09	-0,05	0,09	-0,94	-0,74	0,01	0,17	0,02	0,16	-0,03	0,17	-0,06	0,15	-0,03	0,17	-0,05	0,13						
80	-0,02	0,12	0,10	0,27	-0,02	0,12	0,03	0,14	0,07	0,10	-0,03	0,15	-0,09	0,07	-0,04	0,11	-0,04	0,11	-0,91	-0,74	0,03	0,18	0,04	0,18	0,01	0,20	0,01	0,17	0,01	0,20	-0,03	0,16						
100	-0,15	-0,03	-0,06	0,10	-0,15	-0,03	-0,09	0,07	-0,07	0,07	-0,15	-0,02	-0,25	-0,09	-0,20	-0,07	-0,20	-0,07	-0,84	-0,71	-0,11	0,02	-0,09	0,02	-0,09	0,03	-0,13	0,01	-0,09	0,03	-0,12	-0,03						

Tablica 32

Ciśnienie wzorc. w kPa	Strefa histerezy $\delta_H$ w %																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
0	-0,02	-0,04	-0,02	0,05	-0,02	0,00	-0,02	-0,02	-0,02	0,01	0,00	-0,03	-0,02	-0,03	-0,02	0,03		
20	0,05	0,08	0,05	0,12	0,07	0,09	0,10	0,04	0,04	0,11	0,06	0,04	0,08	0,06	0,08	0,10		
40	0,11	0,13	0,11	0,16	0,13	0,16	0,16	0,10	0,10	0,17	0,12	0,10	0,13	0,13	0,13	0,14		
60	0,14	0,15	0,14	0,19	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,20	0,16	0,14	0,20	0,21	0,20	0,18		
80	0,14	0,17	0,14	0,17	0,17	0,18	0,16	0,15	0,15	0,17	0,15	0,14	0,19	0,16	0,19	0,19		
100	0,12	0,15	0,12	0,16	0,14	0,13	0,16	0,13	0,13	0,13	0,13	0,11	0,12	0,14	0,12	0,09		

Tablica 33

Oznaczenie błędu	Dopuszczalne wartości błędów dla klasy	
	0,4	0,6
$\delta$	$\pm 0,4\%$	$\pm 0,6\%$
$\delta_H$	0,4%	0,6%
$\delta_p$	$\pm 0,32\%/5^\circ$	$\pm 0,48\%/5^\circ$
$\delta_t$	$\pm 0,32\%/10^\circ$	$\pm 0,48\%/10^\circ$
$\delta_p, \delta_m, \delta_w$	$\pm 0,32\%$	$\pm 0,48\%$

Rzędna niejednoznaczności (wariancja)	0,005%
Strefa nieczułości	+
Pobór mocy	0,35 W
Rezystancja izolacji	+
Wytrzymałość elektr. izolacji	+

Tablica 34

Ciśnienie wzorc. w kPa	Błędy dodatkowe wywołane																									
	zmianą pozycji pracy w %/5°								zmianą temperatury otoczenia w %/10°C																	
	$\delta_{p1}$	$\delta_{p2}$	$\delta_{p3}$	$\delta_{p4}$	$\delta_{t1}$	$\delta_{t2}$	$\delta_{t3}$	$\delta_{t4}$	$\delta_{t5}$	$\delta_{t6}$	$\delta_{t7}$	$\delta_{t8}$	$\delta_{t9}$	$\delta_{t10}$	$\delta_{t11}$	$\delta_{t12}$	$\delta_{t13}$	$\delta_{t14}$								
0								-0,19	-0,24	-0,19	-0,20	-0,14	-0,18	0,34	0,46	0,34	0,42	-0,53	-0,50	-0,51	-0,55	-0,62	-0,60	-0,74	-0,74	
10	-0,01	0,01	-0,01	0,01	-0,01	-0,01	0,00	-0,02																		
20								-0,21	-0,25	-0,20	-0,21	-0,16	-0,21	0,35	0,47	0,36	0,44	-0,53	-0,51	-0,57	-0,56	-0,61	-0,60	-0,74	-0,73	
40								-0,22	-0,28	-0,22	-0,23	-0,19	-0,25	0,33	0,44	0,38	0,47	-0,54	-0,51	-0,57	-0,57	-0,62	-0,60	-0,73	-0,72	
50	0,01	-0,01	0,01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01																		
60								-0,25	-0,30	-0,26	-0,24	-0,21	-0,28	0,41	0,48	0,39	0,48	-0,53	-0,52	-0,57	-0,57	-0,60	-0,60	-0,72	-0,71	
80								-0,26	-0,32	-0,25	-0,26	-0,22	-0,32	0,39	0,46	0,42	0,47	-0,53	-0,53	-0,56	-0,57	-0,59	-0,60	-0,69	-0,70	
100	-0,01	0,02	0,02	-0,02	-0,01	-0,03	-0,01	-0,03	-0,29	-0,34	-0,28	-0,26	-0,23	-0,32	0,40	0,47	0,45	0,48	-0,52	-0,46	-0,55	-0,56	-0,57	-0,57	-0,67	-0,68

Tablica 35

Ciśnienie wzorc. w kPa	Błędy dodatkowe w % wywołane											
	zmianą rezystancji obciążeniowej				zewnętrznym polem magnetycznym				wibracjami sinusoidalnymi			
	$\delta_{r1}$	$\delta_{r2}$	$\delta_{r3}$	$\delta_{r4}$	$\delta_{m1}$	$\delta_{m2}$	$\delta_{m3}$	$\delta_{m4}$	$\delta_{v1}$	$\delta_{v2}$	$\delta_{v3}$	$\delta_{v4}$
10	0,02	0,03			0,07	0,07	0,11	0,11	0,14	0,14	0,19	0,19
50	0,01	0,02			0,05	0,08	0,11	0,13	0,14	0,14	0,19	0,19
100	0,00	0,02			0,05	0,07	0,13	0,09	0,12	0,12	0,23	0,23

Tablica 36

Ciśnienie wzorc. w kPa	Błędy podstawowe $\delta$ w %																																			
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII		XIII		XIV		XV		XVI		XVII		XVIII	
	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘		
0	-0,04	-0,09	-0,12	-0,15	-0,04	-0,09	-0,08	-0,11	0,00	-0,04	0,15	0,14	-0,03	-0,05	-0,09	-0,13	-0,09	-0,13	0,81	0,80	-0,13	-0,15	-0,12	-0,15	-0,19	-0,20	-0,14	-0,20	-0,19	-0,20	-0,23	-0,28				
20	0,07	0,07	0,02	0,04	0,07	0,07	0,00	0,07	0,07	0,13	0,29	0,35	0,12	0,16	0,09	0,10	0,09	0,10	1,06	1,11	-0,04	-0,01	0,02	0,03	0,00	0,05	0,02	0,03	0,00	0,05	-0,21	-0,16				
40	0,15	0,19	0,12	0,18	0,15	0,19	0,08	0,16	0,14	0,20	0,39	0,53	0,22	0,32	0,24	0,30	0,24	0,30	1,27	1,36	0,04	0,10	0,12	0,18	0,12	0,21	0,14	0,22	0,12	0,21	-0,21	-0,10				
60	0,19	0,26	0,19	0,26	0,19	0,26	0,09	0,21	0,14	0,28	0,43	0,57	0,27	0,41	0,31	0,42	0,31	0,42	1,41	1,53	0,06	0,14	0,19	0,26	0,21	0,33	0,19	0,34	0,21	0,33	-0,25	-0,12				
80	0,12	0,19	0,11	0,21	0,12	0,19	0,01	0,14	0,03	0,17	0,42	0,57	0,21	0,32	0,30	0,41	0,30	0,41	1,45	1,56	-0,01	0,06	0,11	0,21	0,17	0,28	0,17	0,28	0,17	0,28	-0,42	-0,25				
100	0,09	0,14	-0,04	0,03	0,09	0,14	-0,15	0,03	-0,21	-0,08	0,22	0,34	0,02	0,12	0,12	0,21	0,12	0,21	1,33	1,41	-0,24	-0,17	-0,04	0,03	0,01	0,09	0,02	0,08	0,01	0,09	-0,58	-0,47				

Tablica 37

Ciśnienie wzorc. w kPa	Strefa histerezy $d_H$ w %																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
0	-0,05	-0,03	-0,05	-0,03	-0,04	-0,01	-0,02	-0,04	-0,04	-0,01	-0,02	-0,03	-0,01	-0,06	-0,01	-0,05		
20	0,00	0,02	0,00	0,04	0,06	0,06	0,04	0,01	0,01	0,05	0,03	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05		
40	0,04	0,06	0,04	0,08	0,06	0,14	0,10	0,06	0,06	0,09	0,06	0,06	0,09	0,08	0,09	0,11		
60	0,07	0,07	0,07	0,12	0,14	0,14	0,14	0,11	0,11	0,12	0,08	0,07	0,12	0,15	0,12	0,13		
80	0,07	0,10	0,07	0,13	0,14	0,15	0,11	0,11	0,11	0,11	0,07	0,10	0,11	0,11	0,11	0,17		
100	0,05	0,07	0,05	0,12	0,13	0,12	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,08	0,10	0,08	0,11		

Oznaczenie błędu	Dopuszczalne wartości błędów dla klasy	
	0,4	0,6
$\delta$	$\pm 0,4\%$	$\pm 0,6\%$
$d_H$	0,4%	0,6%
$d_p$	$\pm 0,32\%/5^\circ$	$\pm 0,48\%/5^\circ$
$d_t$	$\pm 0,32\%/10^\circ$	$\pm 0,48\%/10^\circ$
$d_p, d_m, d_w$	$\pm 0,32\%$	$\pm 0,48\%$

Tablica 38

Rzędna niejednoznaczności (wariancja)	0,01%
Strefa nieczułości	+
Pobór mocy	0,38 W
Rezystancja izolacji	+
Wytrzymałość elektr. izolacji	+

Tablica 39

Ciśnienie wzorc. w kPa	Błędy dodatkowe wymołane																									
	zmianą pozycji pracy w %/5°								zmianą temperatury otoczenia w %/10°C																	
	$d_{p1}$	$d_{p2}$	$d_{p3}$	$d_{p4}$	$d_{t1}$	$d_{t2}$	$d_{t3}$	$d_{t4}$	$d_{t5}$	$d_{t6}$	$d_{t7}$	$d_{t8}$	$d_{t9}$	$d_{t10}$	$d_{t11}$	$d_{t12}$	$d_{t13}$	$d_{t14}$								
0								-0,01	-0,08	-0,09	-0,09	-0,23	-0,26	0,44	0,47	0,44	0,46	0,01	0,03	-0,06	-0,04	0,10	0,12	0,10	0,17	
10	-0,01	-0,01	-0,02	0,04	0,01	0,02	0,01	0,02																		
20								-0,01	-0,04	-0,07	-0,06	-0,21	-0,25	0,44	0,46	0,36	0,44	-0,04	-0,01	-0,11	-0,09	0,09	0,12	0,16	0,18	
40								0,05	0,00	-0,05	-0,03	-0,20	-0,24	0,42	0,45	0,27	0,35	-0,11	-0,05	-0,13	-0,14	0,09	0,12	0,18	0,18	
50	0,02	-0,01	0,00	-0,03	0,01	0,00	0,00	0,02																		
60								0,07	0,02	-0,04	-0,02	-0,18	-0,25	0,40	0,46	0,19	0,28	-0,15	-0,13	-0,18	-0,19	0,09	0,08	0,21	0,18	
80								0,10	0,06	-0,03	0,00	-0,18	-0,25	0,37	0,45	0,11	0,21	-0,21	-0,20	-0,25	-0,26	0,05	0,06	0,20	0,17	
100	0,01	0,06	0,03	-0,01	0,04	0,05	0,01	0,03	0,11	0,08	-0,03	0,01	-0,18	-0,26	0,35	0,42	0,05	0,12	-0,28	-0,25	-0,31	-0,31	0,04	0,05	0,18	0,18

Tablica 40

Ciśnienie wzorc. w kPa	Błędy dodatkowe w % wymołane											
	zmianą rezystancji obciążenia		zmiennym polem magnetycznym		wibracjami sinusoidalnymi							
	$d_{r1}$	$d_{r2}$	$d_{m1}$	$d_{m2}$	$d_{w1}$	$d_{w2}$	$d_{w3}$	$d_{w4}$	$d_{w5}$	$d_{w6}$	$d_{w7}$	$d_{w8}$
10	0,00	0,02			0,05	0,04	0,10	0,08	0,12	0,16		
50	0,01	0,02			0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,15		
100	0,01	0,02			0,06	0,09	0,11	0,09	0,11	0,16		

Tablica 41

Ciśnienie wzorc. w kPa	Błędy podstawowe $\delta$ w %																																			
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII		XIII		XIV		XV		XVI		XVII		XVIII	
	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘		
0	-0,06	0,05	-0,04	0,08	-0,06	0,05	-0,04	0,11	-0,11	0,11	0,02	0,18	-0,14	0,00	-0,09	0,02	-0,09	0,02	-0,60	-0,47	-0,22	-0,05	-0,20	-0,03	-0,08	0,01	-0,08	0,03	-0,08	0,01	-0,14	-0,09				
20	-0,08	0,09	-0,06	0,13	-0,08	0,09	-0,06	0,14	-0,11	0,08	0,09	0,31	-0,11	0,09	-0,05	0,12	-0,05	0,12	-0,57	-0,36	-0,27	-0,09	-0,27	-0,10	-0,05	0,12	-0,10	0,13	-0,05	0,12	-0,24	-0,10				
40	-0,05	0,18	-0,03	0,11	-0,05	0,18	-0,03	0,21	-0,08	0,16	0,19	0,47	-0,08	0,18	0,04	0,27	0,04	0,27	-0,44	-0,18	-0,26	-0,04	-0,21	-0,01	-0,02	0,20	-0,07	0,24	-0,02	0,20	-0,30	-0,12				
60	-0,01	0,24	-0,02	0,23	-0,01	0,24	-0,02	0,26	-0,07	0,21	0,28	0,56	-0,02	0,26	0,12	0,37	0,12	0,37	-0,32	-0,05	-0,23	0,02	-0,17	-0,03	0,04	0,29	0,04	0,32	0,04	0,29	-0,35	-0,16				
80	0,00	0,24	-0,01	0,22	0,00	0,24	-0,01	0,23	0,07	0,20	0,28	0,58	-0,01	0,19	0,18	0,40	0,18	0,40	-0,23	0,02	-0,23	0,01	-0,20	-0,04	0,05	0,28	0,08	0,34	0,05	0,28	-0,46	-0,26				
100	-0,04	0,14	-0,08	0,12	-0,04	0,14	-0,08	0,15	-0,17	0,07	0,38	0,59	-0,04	0,16	0,14	0,34	0,14	0,34	-0,23	-0,04	-0,30	-0,11	-0,25	-0,09	0,01	0,16	0,02	0,18	0,01	0,16	-0,59	-0,41				

Tablica 42

Ciśnienie wzorc. w kPa	Strefa histerezy $\delta_H$ w %																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
0	0,11	0,12	0,11	0,15	0,22	0,16	0,14	0,11	0,11	0,13	0,17	0,17	0,09	0,11	0,09	0,05		
20	0,17	0,19	0,17	0,20	0,19	0,22	0,20	0,17	0,17	0,21	0,22	0,17	0,17	0,23	0,17	0,14		
40	0,23	0,14	0,23	0,24	0,24	0,28	0,26	0,23	0,23	0,26	0,22	0,20	0,22	0,25	0,22	0,18		
60	0,23	0,25	0,23	0,28	0,28	0,28	0,28	0,25	0,25	0,27	0,25	0,14	0,25	0,28	0,25	0,19		
80	0,24	0,23	0,24	0,24	0,27	0,30	0,20	0,22	0,22	0,25	0,24	0,16	0,23	0,26	0,23	0,20		
100	0,28	0,20	0,18	0,23	0,24	0,21	0,20	0,20	0,19	0,19	0,16	0,15	0,16	0,15	0,18			

Tablica 43

Oznaczenie błędu	Dopuszczalne wartości błędów dla klasy	
	0,4	0,6
$\delta$	$\pm 0,4\%$	$\pm 0,6\%$
$\delta_H$	0,4%	0,6%
$\delta_p$	$\pm 0,32\%/5^\circ$	$\pm 0,48\%/5^\circ$
$\delta_t$	$\pm 0,32\%/10^\circ$	$\pm 0,48\%/10^\circ$
$\delta_p$	$\pm 0,32\%$	$\pm 0,48\%$
$\delta_m$		
$\delta_w$		

Rzędna niejednoznaczności (mariacja)	0,01%
Strefa nieczułości	+
Pobór mocy	0,37 W
Rezystancja izolacji	+
Wytrzymałość elektr. izolacji	+

Tablica 44

Ciśnienie wzorc. w kPa	Błędy dodatkowe wywołane																									
	zmiana pozycji pracy w %/5°								zmiana temperatury otoczenia w %/10°C																	
	$\delta_{p1}$	$\delta_{p2}$	$\delta_{p3}$	$\delta_{p4}$	$\delta_{t1}$	$\delta_{t2}$	$\delta_{t3}$	$\delta_{t4}$	$\delta_{t5}$	$\delta_{t6}$	$\delta_{t7}$	$\delta_{t8}$	$\delta_{t9}$													
0								-0,08	-0,05	0,03	0,05	0,05	0,15	-0,03	-0,01	-0,34	-0,26	-0,05	-0,04	-0,13	-0,15	-0,21	-0,22	-0,21	-0,22	
10	0,01	0,01	0,05	0,02	0,05	0,03	0,02	0,01																		
20								0,01	0,04	0,11	0,12	0,11	0,22	-0,06	-0,05	-0,38	-0,32	-0,05	-0,04	-0,14	-0,13	-0,17	-0,17	-0,15	-0,17	
40								0,10	0,09	0,17	0,17	0,20	0,27	-0,11	-0,10	-0,43	-0,36	-0,04	-0,02	-0,11	-0,13	-0,13	-0,12	-0,10	-0,13	
50	0,03	0,03	0,05	0,02	0,05	0,06	0,04	0,05																		
60								0,17	0,15	0,22	0,24	0,24	0,33	-0,13	-0,13	-0,47	-0,41	-0,05	-0,04	-0,11	-0,12	-0,09	-0,10	-0,03	-0,06	
80								0,26	0,23	0,28	0,30	0,29	0,41	-0,18	-0,18	-0,48	-0,46	-0,05	-0,04	-0,13	-0,08	-0,07	-0,05	0,02	-0,01	
100	0,03	0,05	0,11	0,05	0,12	0,07	0,07	0,05	0,31	0,30	0,32	0,35	0,32	0,48	-0,20	-0,16	-0,47	-0,43	-0,07	-0,06	-0,11	-0,08	-0,03	-0,03	0,08	0,04

Tablica 45

Ciśnienie wzorc. w kPa	Błędy dodatkowe w % wywołane											
	zmiana rezystancji obciążeniowej		zewnętrzny pole magnetyczny		wibracjami sinusoidalnymi							
	$\delta_{R1}$	$\delta_{R2}$	$\delta_{M1}$	$\delta_{M2}$	$\delta_{W1}$	$\delta_{W2}$	$\delta_{W3}$	$\delta_{W4}$	$\delta_{W5}$	$\delta_{W6}$		
10	0,00	0,00			0,05	0,05	0,09	0,05	0,12	0,17		
50	0,01	0,01			0,08	0,08	0,12	0,13	0,17	0,17		
100	0,00	0,01			0,12	0,12	0,15	0,16	0,23	0,23		