

## ELEKTRONICZNY SYMULATOR REZYSTANCJI

**Jan Szmytkiewicz**

**Instytut Informatyki i Elektroniki, Uniwersytet Zielonogórski  
65-246 Zielona Góra, ul. Podgórna 50**

*e-mail j.szmytkiewicz@iie.uz.zgora.pl*

### STRESZCZENIE

W celu sprawdzania przyrządów pomiarowych przeznaczonych do współpracy z czujnikami termoelektrycznymi można zastosować dekadę rezystorów wzorcowych, dekadę rezystancyjną z wzorcowym omomierzem lub elektroniczny symulator rezystancji. W artykule porównano wady i zalety trzech rodzajów wzorców oraz przybliżono konstrukcję i parametry metrologiczne, opracowanych przy współudziale autora jako konstruktora prowadzącego, dekady rezystancyjnej z wzorcowym omomierzem – kalibratora typu C403 i elektronicznego symulatora rezystancji - kalibratora typu C405. Dla obu przyrządów przedstawione zostały schematy blokowe i krótko omówiono zasadę działania.

### 1. WPROWADZENIE

Liczną grupą przyrządów kontrolno pomiarowych są mierniki, regulatory, rejestratory temperatury oraz przetworniki pomiarowe temperatury na standardowy sygnał wyjściowy [1] przeznaczone do współpracy z czujnikami termorezystancyjnymi. Czujniki termorezystancyjne są to elementy, których rezystancja zmienia się wraz ze zmianą temperatury według określonej przez producenta charakterystyki przetwarzania. Do budowy czujników stosuje się trzy podstawowe materiały: platynę, nikiel i miedź. W tabeli 1 zestawiono na podstawie normy EN60751 parametry wybranych czujników termorezystancyjnych reprezentatywnych dla każdej grupy materiałowej.

*Tab. 1. Parametry wybranych czujników termorezystancyjnych*

Rodzaj czujnika	Parametry techniczne			
	Zakres		Dopuszczalna odchyłka	
	[°C]	[Ω]	[°C]	[Ω]
Pt100	-200 ... +850	18,52 ... 390,48	±0,15 ... ±1,45	±0,06 ... ±0,46
Ni100	-60 ... +180	69,51 ... 223,10	±0,30 ... ±1,70	±0,17 ... ±1,39
Cu100	-50 ... +180	78,70 .. 176,68	±0,30 ... ±0,90	±0,13 ... ±0,40

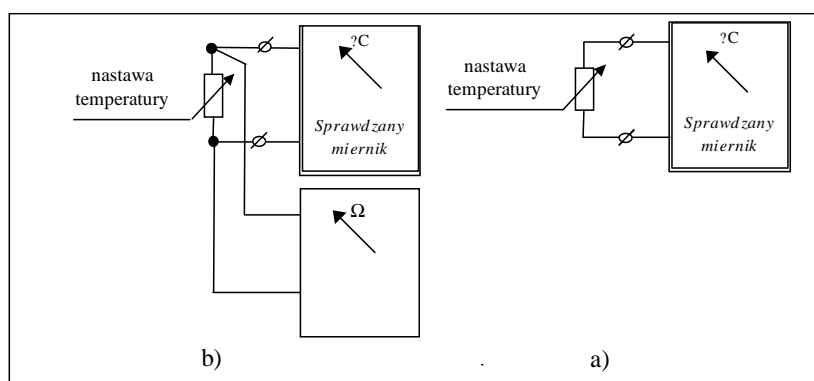
Analizując równania charakterystyk przetwarzania dla poszczególnych termorezystorów można stwierdzić, że dla Pt100 i Ni100 są to równania nieliniowe.

Wejście przyrządów kontrolno – pomiarowych współpracujących z czujnikami termorezystancyjnymi można zamodelować jako układ omomierza. Sprawdzenie właściwości metrologicznych toru pomiarowego realizuje się dwoma podstawowymi sposobami:

- z wykorzystaniem kalibratora temperatury,
- przez podział toru pomiarowego na dwie części: omomierz i czujnik temperatury i sprawdzenie odpowiednio kalibratorem rezystancji i kalibratorem temperatury.

Metoda druga pozornie wydaje się niepotrzebną komplikacją ma ona jednak szerokie zastosowanie w przypadku sprawdzania urządzeń pomiarowych bezpośrednio w miejscu instalacji. Pozwala to na znaczne oszczędności związane z przestojem opomiarowanego obiektu na czas demontażu jak i czasami dużą prędkością samego demontażu. Można również założyć, że prawdopodobieństwo awarii części elektronicznej omomierza jest znacznie większe niż awarii czujnika. W takim przypadku sprawdzenie omomierza na obiekcie lub po demontażu jest wykonywane niezależnie od czujnika.

Wzorcowanie omomierza można zrealizować z wykorzystaniem dekady rezystorów wzorcowych [2, 3] według schematu połączeń przedstawionym na rys.1a lub z wykorzystaniem wzorcowego omomierza w układzie przedstawionym na rys.1b. Wadą metody pierwszej jest wpływ zmian rezystancji klucza na wartość nastawy a tym samym wpływ na błąd wzorcowania. Ponadto w tej metodzie albo trzeba korzystać z tablic przy przeliczaniu jednostek rezystancji na jednostki temperatury, albo korzystać z dekad rezystancyjnych wyskalowanych w jednostkach temperatury. W drugim przypadku potrzeba stosować oddzielne dekady w zależności od typu czujnika podłączanego na wejście omomierza. Wada metody drugiej jest większa prędkość w stosunku do metody pierwszej.



Rys. 1. Układy pomiarowe przy sprawdzaniu termorezystancyjnego miernika temperatury: a) z dekadą rezystorów wzorcowych, b) z wzorcowym omomierzem

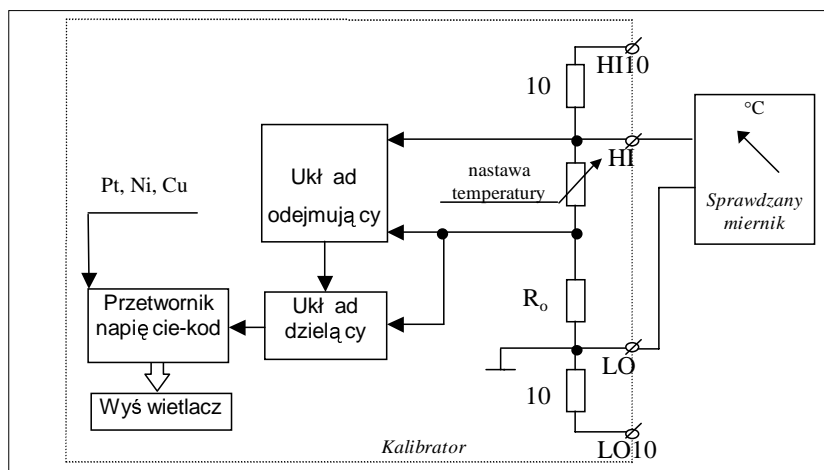
W celu uproszczenia procesu wzorcowania w miejsce wzorców zastosowanych w układach pomiarowych przedstawionych na rys.1 można wykorzystać kalibrator rezystancji. Opracowano dwie struktury kalibratorów:

- otwartą wykorzystującą potencjometr i wzorcowy omomierz,
- zamkniętą z elektroniczną symulacją rezystancji.

## 2. KALIBRATOR REZYSTANCJI Z WZORCOWYM OMOMIERZEM

Kalibrator C-403 [4] jest symulatorem rezystancji czujników termorezystancyjnych Pt 100, Ni 100, i Cu 100 oraz miernikiem temperatury przystosowanym do dwuprzewodowego podłączenia czujników Pt 100, Ni 100, i Cu 100.

Schemat blokowy kalibratora C-403 przedstawiony został na rys.2. Symulacja termorezystancji odbywa się w układzie złożonym z precyzyjnego wieloobrotowego potencjometru i rezystora  $R_o$ , przyłączonych do zacisków wyjściowych "HI" i "LO" kalibratora, do których przyłączany jest sprawdzany miernik temperatury. Spadki napięcia na potencjometrze i rezystorze  $R_o$ , wywołane prądem wejściowym wytwarzanym przez miernik, są odejmowane a następnie dzielone przez wartość spadku napięcia na rezystorze  $R_o$ . Napięcie to mierzone jest za pomocą wewnętrznego cyfrowego miernika temperatury złożonego z przetwornika napięcie-kod i wyświetlacza. Nieliniowa charakterystyka przetwornika napięcie-kod zależna jest od typu czujnika Pt 100, Ni 100 lub Cu 100.



Rys. 2. Schemat kalibratora termorezystancji

Dodatkową zaletą przyjętej struktury jest możliwość sprawdzania czujników termorezystancyjnych i pomiar rezystancji przez wewnętrzny miernik cyfrowy. Parametry metrologiczne kalibratora przedstawione zostały w tabeli 2.

Tab. 2. Parametry metrologiczne kalibratora C403

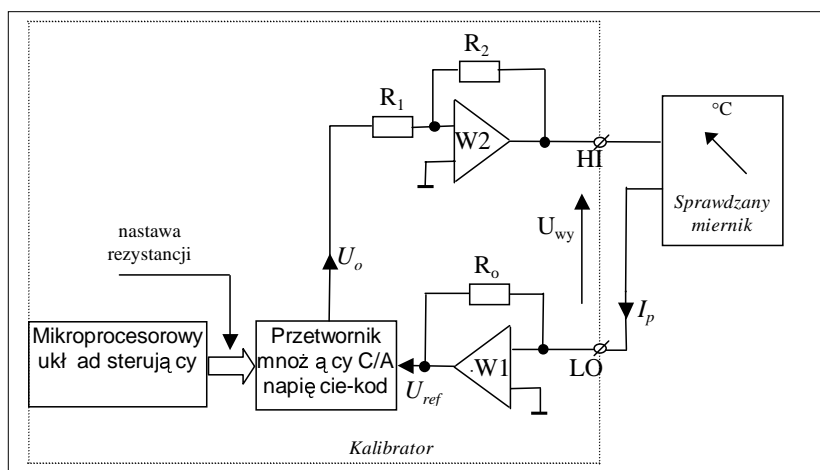
Parametr	Rodzaj termorezystora			
	Pt 100	Pt 100	Ni 100	Cu 100
Zakres nastaw	-199,9...+199,9°C	+200...+850°C	-60...+180°C	-50...+180°C
Rozdzielczość	0,1°C	1°C	0,1°C	
Błąd pomiarowy	±0,15% wartości nastawionej			
Zakres prądu wejściowego	0,5...3mA	0,3...1,5mA	0,5...3mA	

Wadą opracowanego kalibratora rezystancji jest ograniczona stabilność nastawy rezystancji w dłuższych odcinkach czasu. W celu eliminacji tej wady możliwa jest modyfikacja struktury z otwartej na zamkniętą. Korzystniejszym rozwiązaniem ekonomicznym jest zastosowanie w kalibratorsie elektronicznego symulatora rezystancji.

### 3. ELEKTRONICZNY SYMULATOR REZYSTANCJI

Kalibrator C-405 jest symulatorem rezystancji czujników termorezystancyjnych Pt 100, Pt500, Pt1000, Ni 100, i Cu 100 oraz miernikiem temperatury przystosowanym do dwuprzewodowego lub trzyprzewodowego podłączenia wymienionych czujników.

Schemat blokowy kalibratora przedstawiony został na rys.3. Sprawdzany miernik temperatury jest przyłączany do zacisków wyjściowych "HI" i "LO" kalibratora.



Rys. 3. Schemat elektronicznego symulatora rezystancji

Prąd pomiarowy sprawdzanego miernika  $I_p$  wpływa przez zacisk "LO" do wejścia konwertera prąd-napięcie zbudowanego z wykorzystaniem wzmacniacza operacyjnym W1. Napięcie na wyjściu wzmacniacza wynosi:

$$U_{ref} = -I_p \cdot R_0 \quad (1)$$

Napięcie  $U_{ref}$  jest napięciem odniesienia dla przetwornika mnożącego C/A. Napięcie wyjściowe przetwornika  $U_0$  wyrażone jest wzorem:

$$U_0 = k \cdot U_{ref} \quad (2)$$

gdzie: "k" wartość nastawy rezystancji z mikroprocesorowego układu sterującego.

Napięcie z przetwornika C/A jest wzmacniane w układzie wzmacniacza W2, którego wyjście połączone jest z zaciskiem "HI" kalibratora. Stąd napięcie wyjściowe kalibratora przyjmuje następującą wartość:

$$U_{wY} = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_0 \quad (3)$$

Podstawiając równanie (1) do równania (2), a następnie równanie (2) do równania (3) uzyskujemy następującą zależność:

$$\frac{U_{wY}}{I_p} = \left(\frac{R_2}{R_1} \cdot R_0\right) \cdot k \quad (4)$$

Lewa strona równania (4) reprezentuje wartość rezystancji, dlatego wskazanie sprawdzanego miernika temperatury jest wprost proporcjonalne do nastawy "k" z mikroprocesorowego układu sterującego. Wartość nastawy obliczana jest w części cyfrowej na podstawie wprowadzonej przez użytkownika temperatury i wybranego typu termorezystora.

Parametry metrologiczne kalibratora przedstawione zostały w tabeli 3.

Tab. 3. Parametry metrologiczne kalibratora C405

Rodzaj termorezystora	Zakres nastaw	Rozdzielczość	Błąd podstawowy	Zakres prądu wyjściowego
Pt100 (385)	-200,00...+850,00°C	0,01°C	0,03% +0,3°C	Pt100, Cu100, Ni100 $I_p=0,12...3mA$ Pt500, Pt1000 $I_p=0,06...0,5mA$
Pt100 (391)	-200,00...+850,00°C			
Pt500	-200,0...+850,0°C	0,1°C	0,03% +0,5°C	
Pt1000	-200,0...+850,0°C		0,03% +0,3°C	
Cu100	-60,0...+180,0°C			
Ni100	-60,0...+180,0°C			

Na podstawie przedstawionych parametrów można zauważyć, że opracowany kalibrator C405 ma lepszą rozdzielczość i mniejszy błąd podstawowy niż kalibrator C403. Ponadto kalibrator umożliwia realizację dodatkowych funkcji np. kompensację rezystancji połączeń lub uwzględnianie rezystancji linii. Inną funkcją, wynikającą z zastosowania układu mikroprocesorowego w części cyfrowej kalibratora, jest możliwość wprowadzania nastaw temperatury przez standardowy interfejs RS232.

#### 4. PODSUMOWANIE

Przedstawione dwie struktury kalibratorów rezystancji są konkurencyjne do tradycyjnie stosowanych przy sprawdzaniu termorezystancyjnych mierników temperatury rezystorów wzorcowych. Zaletami obu kalibratorów są:

- wyeliminowanie z toru pomiarowego przełączników zmiany nastawy rezystancji,
- wprowadzanie nastaw w jednostkach temperatury,
- ekonomiczna i ergonomiczna konstrukcja.

Porównując parametry metrologiczne, właściwości funkcjonalne oraz cenę można stwierdzić, że kalibrator:

- o strukturze otwartej z wzorcowym omomierzem jest rozwiązaniem tańszym ale jest mniej dokładny i wymaga ręcznej korekty nastawy w czasie,
- o strukturze zamkniętej z elektroniczną symulacją rezystancji przy bardziej złożonej budowie i wyższej cenie oferuje lepsze parametry dokładnościowe i szerokie możliwości wykorzystania części cyfrowej zwiększające funkcjonalność (np. interfejs RS232) lub zwiększające dokładność (np. cyfrowa adiustacja).

#### LITERATURA

- [1] Lumel: *Pomiar regulacja rejestracja*. Katalog zbiorczy 1999
- [2] J. Bartoszewski: *Sterowany symulator czujników termorezystancyjnych*. Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej 2003
- [3] K. Urbanski: *Kalibrator wielkich rezystancji sterowany za pomocą komputera*. Podstawowe Problemy Metrologii, Komisja Metrologii PAN, PPM'98, Gliwice 1998
- [4] Calmet: *Kalibrator termorezystancji typu C403*. Instrukcja obsługi 2002
- [5] Calmet: *Uniwersalny kalibrator i miernik sygnałów przemysłowych typu C405*. Instrukcja obsługi