

Cel ćwiczenia: Zapoznanie się z wirtualnym przyrządem pomiarowym zrealizowanym w środowisku LabVIEW. Zastosowanie wirtualnego przyrządu pomiarowego do realizacji pomiarów pośrednich, na przykładzie wirtualnego rezystometru. Zrealizowanie rzeczywistego pomiaru temperatury za pomocą termometru wirtualnego współpracującego z rezystancyjnym czujnikiem temperatury.

Program ćwiczenia:

1. Rezystometr wirtualny

- 1.1. Zapoznać się ze stanowiskiem pomiarowym. Ustawić wartości rezystorów na 10000. Ustawić przełącznikami zakresy przyrządów pomiarowych na 2V DCV. Włączyć zasilacz. Następnie włączyć przyrządy pomiarowe.
- 1.2. Uruchomić i zapoznać się z przyrządem wirtualnym - rezystometrem. Uruchomić program Rezystometr_M4640(50).exe z pulpitu. Wybrać program z końcówką 40 lub 50 w zależności od typu przyrządu pomiarowego znajdującego się na stanowisku. Ustawić w oknie panelu odpowiednie numery COM (patrz Rysunek 2), zgodne z rzeczywistymi, przypisanymi do przyrządów pomiarowych z Rysunek 1. Sprawdzić komunikację przyrządów pomiarowych z komputerem.
- 1.3. Ustawić wartość rezystora wzorcowego $R_n=10000\Omega$. Odczytywać wskazania rezystometru wirtualnego R_{xw} w zależności od wartości rezystancji mierzonej R_x . Wartość R_x zmieniać od 0 do $100k\Omega$ - skala logarytmiczna (co najmniej 10 nastaw). Odczytywać i zapisywać jednocześnie wskazania przyrządów pomiarowych. Zmienić zakresy przyrządów na 20V DCV i powtórzyć badania. Wyniki umieścić w tabeli (przykład tabela 1).
- 1.4. Wykreślić charakterystyki $R_{xw}=f(R_x)$
- 1.5. Zbadać wpływ niepewności przyrządów pomiarowych i innych elementów układu pomiarowego rezystometru wirtualnego na niepewność wyniku pomiaru rezystancji. Na niepewność wyniku pomiaru rezystometrem wirtualnym mają wpływ niepewności przyrządów pomiarowych ΔU_1 , ΔU_2 oraz ΔR_n . Zbadać wpływ tych niepewności na wynik wskazań rezystometru. Niepewności ΔU_1 i ΔU_2 obliczyć dla wartości wskazywanych U_1 i U_2 z poprzedniego punktu 1.3 programu i wstawić odpowiednio do powyższej tabeli (Tabela 1), korzystając z danych technicznych używanych przyrządów, wg wzoru:

$$\Delta x = \pm \left(\frac{\delta_p \cdot x}{100} + n \cdot \text{ziarno} \right)$$

gdzie: Δx - niepewność wartości mierzonej cyfrowo,

δ_p [%] - błąd analogowy miernika cyfrowego,

x - wartość mierzona,

n - błąd ziarnistości,

ziarno - wartość jednostki najmniej znaczącej cyfry miernika cyfrowego, dla danego zakresu.

Niepewność ΔR_n wyliczyć z klasy użytego rezystora wg wzoru:

$$\Delta R_n = \frac{\text{klasa} \cdot R_n}{100}$$

Otworzyć program Rezystometr_niepewnosc.exe. W oknie panelu nastawiać odpowiednie wartości U_1 , U_2 , ΔU_1 , ΔU_2 , R_n , ΔR_n (z Tabela 1) i odczytywać wskazania Rezystometru. Wpływ poszczególnych niepewności na wynik pomiaru zbadać oddzielnie – uzyska się wówczas informację

Ćwiczenie nr 3 i 4. Przyrządy wirtualne

o czułości (wrażliwości) wskazań rezystometru na daną niepewność pomiaru bezpośredniego lub elementu składowego (wzór 3). Obliczyć maksymalną oraz średniokwadratową niepewność wskazań rezystometru, pochodzącą od poszczególnych niepewności. Wykonać wykres zależności $R_{xw} = f(R_x)$ oraz nanieść dla poszczególnych punktów odpowiednie niepewności ΔR_{xw} .

1.6. Umieścić w sprawozdaniu wnioski na podstawie analizy otrzymanych wyników.

2. Termometr wirtualny

2.1. Zbadać charakterystyką czujnika temperatury $R=f(T)$ Ustawić zakres pomiarowy przyrządów na 2 V DCV. Badany czujnik umieścić w termostacie i końcówki podłączyć do wyjść makiety oznaczonych jako rezystor R_x . Uruchomić program Rezystometr_M4640(50).exe z pulpitu. Ustawić w oknie panelu odpowiednie numery COM (patrz Rysunek 2), zgodne z rzeczywistymi, przypisanymi do przyrządów pomiarowych z Rysunek 1. Sprawdzić komunikację przyrządów pomiarowych z komputerem. Zbadać charakterystykę wybranego czujnika. Wykonać pomiary rezystancji dla temperatur w zakresie 10 – 60°C ze zmianą co 5°C. Wyniki umieścić w tabeli (przykład Tabela 2).

2.2. Sporządzić wykresy funkcji $R=f(T)$ oraz $T=f(R)$

2.3. Wyznaczyć funkcję odwrotną – $T=f(R)$

2.4. Wykonać termometr wirtualny z zadaniem czujnikiem. Uruchomić program Termometr_M4640(50).exe z pulpitu. Ustawić w oknie panelu odpowiednie numery COM (patrz Rysunek 3), zgodne z rzeczywistymi, przypisanymi do przyrządów pomiarowych (Rysunek 1) Wpisać wartości wyznaczonych współczynników A i B. Sprawdzić komunikację przyrządów pomiarowych z komputerem.

2.5. Zmierzyć temperaturę wybranego obiektu rzeczywistego i określić niepewność pomiaru tej temperatury.

2.6. Zbadać wpływ niepewności przyrządów pomiarowych i innych elementów układu pomiarowego na niepewność wyniku pomiaru temperatury termometrem wirtualnym.

2.7. Umieścić w sprawozdaniu wnioski na podstawie analizy otrzymanych wyników.

Przykładowe tabele pomiarowe:

Tabela 1. Wyniki pomiaru rezystancji przyrządem wirtualnym ($R_n=10k\Omega \pm \Delta R_n$, zakres woltomierzy.....DCV)

Lp.	$R_x[\Omega]$	$\Delta R_x[\Omega]$	$\delta R_x[\%]$	$R_{xw}[\Omega]$	$\Delta R_{xw}[\Omega]$	$\delta R_{xw}[\%]$	$U_1[v]$	$\Delta U_1[v]$	$\delta U_1[\%]$	$U_2[v]$	$\Delta U_2[v]$	$\delta U_2[\%]$
1												
...												

Tabela 2. Wyniki pomiaru rezystancji w funkcji temperatury przyrządem wirtualnym

Lp.	T [°C]	ΔT [°C]	R [Ω]	ΔR [Ω]	δR [%]
1					
...					

Wprowadzenie:

Pomiar jest procesem uzyskiwania informacji o cechach (parametrach) mierzonego obiektu. Informacja ta przenoszona jest przez **sygnały**. Sygnały przenoszące informacje ilościową o wielkościach mierzonych w postaci liczb nazywają się sygnałami pomiarowymi. Elementem umożliwiającym odbiór informacji z obiektu fizycznego jest **czujnik pomiarowy**. Czujniki są źródłem informacji dla aparatury pomiarowej. Natomiast aparatura pomiarowa zbiera sygnały pomiarowe, dokonując wstępnej normalizacji, przetworzenia na postać cyfrową, a następnie dostarcza informacje w tej postaci do bloków przetwarzania danych. Do zadań bloku przetwarzania danych, jakim obecnie jest komputer, należy cyfrowa obróbka (przetworzenie) informacji zgodnie z przyjętym algorytmem. Dotychczas funkcje takie spełniał nowoczesny przyrząd autonomiczny, który zawierał takie bloki funkcjonalne jak: zbieranie danych, przetwarzanie danych oraz prezentacja wyników. Teraz wszystkie te bloki zawiera **przyrząd wirtualny**, z tą różnicą, że o funkcji jaką spełnia taki przyrząd, a więc jaki realizuje algorytm - decyduje użytkownik.

Przyjęła się ogólna definicja, że:

przyrząd wirtualny to rodzaj inteligentnego przyrządu pomiarowego, składającego się z komputera ogólnego przeznaczenia i dołączonych do niego urządzeń pomiarowych potrzebnych do akwizycji danych oraz oprogramowania umożliwiającego użytkownikowi obsługę za pomocą ekranu komputerowego i klawiatury lub myszy, z wykorzystaniem graficznego interfejsu użytkownika, tak jakby obsługiwał tradycyjny przyrząd autonomiczny.

Nowoczesny sprzęt do akwizycji danych to:

- wielokanałowe karty przetworników analogowo-cyfrowych,
- autonomiczne przyrządy pomiarowe, ogólnego przeznaczenia, wyposażone w interfejs IEC-625, RS-232, USB.

Istotną cechą przyrządu wirtualnego jest funkcjonalna elastyczność i rekonfigurowalność. Oznacza to, że ten sam sprzęt - karta przetworników lub przyrządy wyposażone w łącza komunikacyjne np. RS-232, podłączone do powszechnie występujących portów COM1 i COM2 komputerów, umożliwiają stworzenie szerokiej gamy różnych przyrządów wirtualnych, spełniających różne funkcje, zależne wyłącznie od użytkownika.

Z metrologicznego punktu widzenia przyrządy wirtualne najczęściej realizują pomiary **pośrednie**, w których wartość mierzona y otrzymuje się przez jej obliczenie na podstawie wartości innych wielkości mierzonych bezpośrednio i elementów składowych x_1, x_2, \dots, x_n , związanych znaną zależnością funkcyjną z wielkością mierzoną y (1).

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

Analiza niepewności pomiarowych przyrządu wirtualnego nie różni się od analizy niepewności pomiarów pośrednich. Analiza ta daje odpowiedź na następujące pytania: jeśli znane są niepewności poszczególnych przyrządów, jaka jest niepewność obliczonego wyniku pomiaru? A także, na odwrót, jeśli obliczony wynik pomiaru musi mieć założoną niepewność, jakie są dopuszczalne niepewności poszczególnych przyrządów? Powyższe problemy ujmuje prawo przenoszenia niepewności w pomiarach pośrednich. Niepewność maksymalną przedstawia wzór (2),

$$\Delta y = \left| \frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot \Delta x_1 \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot \Delta x_2 \right| + \dots + \left| \frac{\partial f}{\partial x_n} \cdot \Delta x_n \right| \quad (2)$$

Pochodne cząstkowe $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ często nazywane są wrażliwościami (lub czułościami) wyniku pomiaru na zmiany wielkości x_i . Dla małych wartości Δx_i można korzystać z przybliżenia(3).

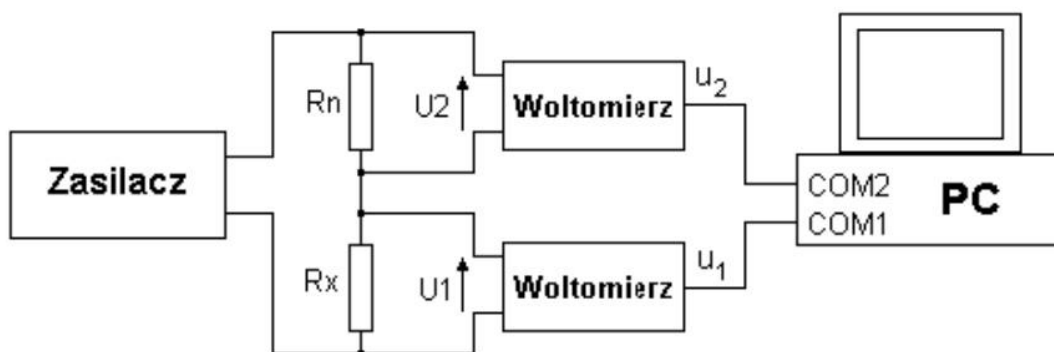
$$\frac{\partial f}{\partial x_i} \approx \frac{\Delta f}{\Delta x_i} \quad (3)$$

Jeśli $n > 3$ i poszczególne niepewności są niezależne od siebie, wówczas można obliczać niepewność średniokwadratową (4).

$$\Delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot \Delta x_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot \Delta x_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \cdot \Delta x_n \right)^2} \quad (4)$$

Układ pomiarowy

Przykładem realizacji wirtualnego przyrządu pomiarowego i pomiaru pośredniego jest rezystometr. Ma on praktyczne znaczenie, gdyż istnieje wiele różnorodnych rezystancyjnych czujników pomiarowych, z którymi może współpracować, tworząc wirtualny przyrząd do pomiaru np: temperatury, ciśnienia, naprężeń mechanicznych, wilgotności itp. Układ pomiarowy rezystometru przedstawia rys. 1.



Rysunek 1. Układ pomiarowy rezystometru pomiarowego.

Ogólną zależność, wiążącą wielkości mierzone i elementy składowe z wartością mierzonej rezystancji, przedstawia wzór (5).

$$R_{xw} = f(U_1, U_2, R_n) \quad (5)$$

gdzie: R_{xw} wartość rezystancji wskazywana przez rezystometr wirtualny,

U_1, U_2 wartości napięć wskazywane przez woltomierze,

R_n rezystancja wzorca.

Przy założeniu, że rezystancje wejściowe woltomierzy są bardzo duże a rezystancja wewnętrzna zasilacza bardzo mała, można zależność (5) przedstawić za pomocą wzoru (6).

$$R_{xw} = \frac{U_1}{U_2} \cdot R_n \quad (6)$$

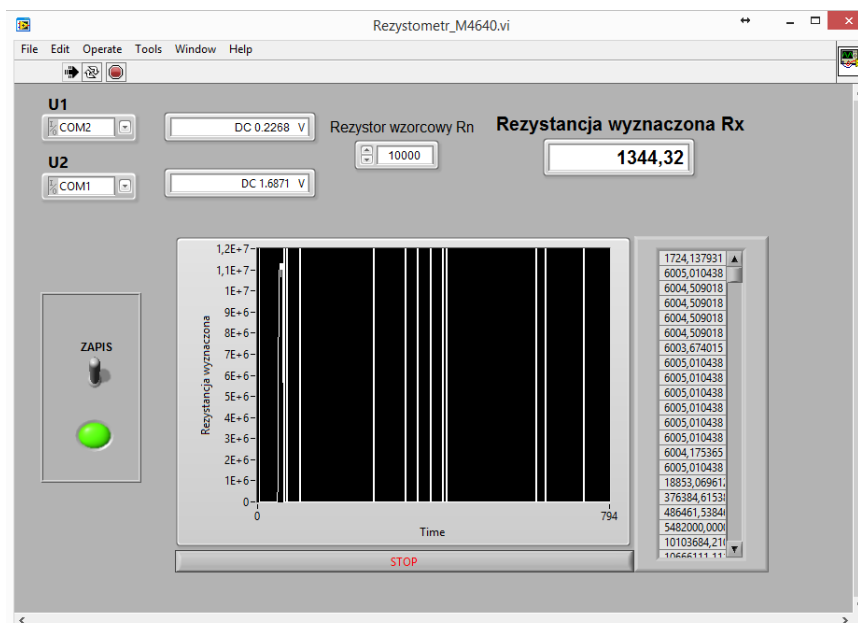
Obliczając wówczas, wg zależności (2), niepewność wskazań rezystancji, pochodząca od niepewności pomiarów napięć u_1 , u_2 oraz niepewności wzorca R_n , otrzymamy wzór (7).

$$\Delta R_{xw} = \left| \frac{R_n}{U_2} \cdot \Delta U_1 \right| + \left| \frac{U_1 \cdot R_n}{U_2^2} \cdot \Delta U_2 \right| + \left| \frac{U_1}{U_2} \cdot \Delta R_n \right| \quad (7)$$

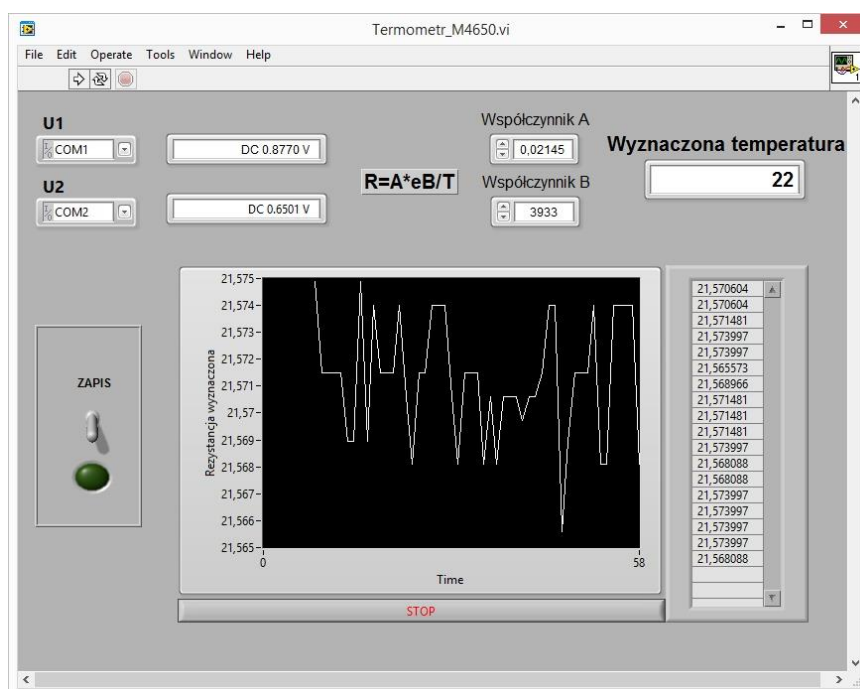
Powyższe równanie stanowi podstawę obliczenia niepewności maksymalnej wskazań rezystometru wirtualnego, przedstawionego w niniejszym ćwiczeniu.

LabVIEW

LabView (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) jest zintegrowanym środowiskiem programowym, umożliwiającym graficzne (tzw. język G) programowanie obsługi systemów pomiarowych. Zawiera wszystkie narzędzia do akwizycji danych, analizy i prezentacji. Program tworzony jest w postaci diagramu w oknie diagramu, w którym poszczególne operacje przedstawiane są w postaci symboli graficznych. Prezentacja, tj. wprowadzanie danych i wyprowadzanie wyników odbywa się w oknie panelu w postaci symboli graficznych, takich jakie występują w rzeczywistych przyrządach: przełączniki, pokręta, suwaki, wskaźniki analogowe i cyfrowe, rejestratory itp. (Patrz rys.2 i 3)



Rysunek 2. Okno panelu rezystometru wirtualnego



Rysunek 3 Okno panelu termometru wirtualnego

Literatura

1. Winiecki W., Organizacja Komputerowych Systemów Pomiarowych, Warszawa, Oficyna Wydawnicza PW, 1997.
2. Chwaleba A., Poniński M., Siedlecki A., Metrologia Elektryczna, Warszawa, WNT 1996.

Zestaw przyrządów pomiarowych

Multimetr METEX, typ: M-4640A (lub M-4650CR) - 2 szt.

Rezystor dekadowy, typ DR5b-16 - 2 szt. 3.

Zasilacz, typ ZT-980-1M - 1szt.

Pytania kontrolne:

1. Co to jest przyrząd wirtualny?
2. W jakie dodatkowe urządzenia należy wyposażyć komputer, aby zbudować przyrząd wirtualny?
3. Co to jest pomiar pośredni?
4. Jak przenoszą się błędy narzędzi pomiarowych na wynik pomiaru w pomiarach pośrednich?
5. Do czego służy czujnik pomiarowy?
6. Jak można scharakteryzować, przedstawione (w tabelach 3 i 4), czujniki temperatury.

Opracowali: dr inż. Elżbieta Szul-Pietrzak

mgr inż. Bogumił Głód

Tabela 3. Zależność rezystancji od temperatury czujnika KTY81-221

TEMPERATURA t [°C]	REZYSTANCJA R _t [Ω]		
	MIN.	TYP.	MAX.
0	1603	1630	1656
10	1748	1772	1797
20	1901	1922	1944
25	1980	2000	2020
30	2057	2080	2102
40	2217	2245	2272
50	2383	2417	2451
60	2557	2597	2637
70	2737	2785	2832
80	2924	2980	3035
90	3118	3182	3246
100	3318	3392	3466
$R_t = 2000 * [1 + A * (t - 25) + B * (t - 25)^2]$ [°C] t - temperatura w [°C]			
A [Ω]		7.874E-3	
B [Ω]		1.874E-5	

Tabela 4 Zależność rezystancji od temperatury czujnika termistorowego typu NC-210 (temperatura znana z dokł. $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$)

Zależność rezystancji od temperatury czujnika termistorowego typu NC-210 (temperatura znana z dokł. $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$)		
TEMPERATURA	REZYSTANCJA $R_{th}[\Omega]$	
t [$^{\circ}\text{C}$]	Czujnik Nr 1	Czujnik Nr 2
0	37208	32569
5	28735	25249
10	22396	19751
15	17607	15583
20	13956	12394
25	11148	9934
30	8972	8020
35	7272	6521
40	5933	5336
45	4872	4395
50	4025	3641
55	3345	3034
60	2795	2542
65	2348	2141
70	1893	1813
75	1683	1542
80	1434	1317
85	1228	1131
90	1056	974
95	912	843
100	791	733
$R_{th}=A*\exp(B/T)$, gdzie: $T= t+273\text{ K}$		
A [Ω]	0.02145	0.02322
B [Ω]	3922	3864