

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.

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.

Program ćwiczenia:**1. Rezystometr wirtualny**

- 1.1. Zapoznać się ze stanowiskiem pomiarowym (Rys.1). Ustawić zakresy przyrządów pomiarowych na 2V DCV. Włączyć zasilacz. Następnie włączyć przyrządy pomiarowe.
- 1.2. Uruchomić program Rezystometr_M4640(50).exe i zapoznać się z przyrządem wirtualnym. Wybrać program z końcówką 40 lub 50 w zależności od typu przyrządu pomiarowego znajdującego się na stanowisku. Ustawić w oknie panelu odpowiednie numery COM.

Uruchomić program klikając ikonkę  a następnie ikonkę  na pasku zadań (po każdej zmianie ustawień COM-ów trzeba powtórzyć tą operację). Sprawdzić komunikację przyrządów pomiarowych z komputerem (wartości wyświetlane w programie muszą być takie same jak wskazania przyrządów pomiarowych).
- 1.3. Ustawić wartość rezystora wzorcowego $R_n = 10000\Omega$ ($\pm 0,5\%$). Odczytywać wskazania rezystometru wirtualnego R_{xw} w zależności od wartości rezystancji mierzonej R_x (wartość ustawiona na oporniku dekadowym). Wartość R_x zmieniać od 0 do $100k\Omega$ - skala logarytmiczna (0, 10, 20, 50, 100, 200...100000). Odczytywać i zapisywać jednocześnie wskazania przyrządów pomiarowych. Zmienić zakresy przyrządów na 20V DCV i powtórzyć badania. Wyniki umieścić w tabeli (przykład: Tab.1).
- 1.4. Wykreślić charakterystyki $R_{xw} = f(R_x)$
- 1.5. Zbadać wpływ niepewności przyrządów pomiarowych i elementów układu pomiarowego na niepewność wyniku pomiaru rezystancji rezystometrem wirtualnym. Uruchomić program Rezystometr_niepewnosc.exe. W oknie panelu ustawić odpowiednie wartości U_1 , U_2 , ΔU_1 , ΔU_2 , R_n , ΔR_n (z Tab.1) i odczytywać wskazania z przyrządu wirtualnego (Rezystometr_niepewnosc.exe). Wpływ poszczególnych niepewności na wynik pomiaru zbadać oddzielnie. Umożliwia to ocenę czułości (wrażliwości) wskazań przyrządu wirtualnego na dokładność pomiarów bezpośrednich i elementów składowych toru pomiarowego. Obliczyć maksymalną oraz średniokwadratową niepewność wskazań rezystometru – wzory (2) i (3).
- 1.6. Umieścić w sprawozdaniu analizę otrzymanych wyników i wnioski.

2. Termometr wirtualny

- 2.1. Zbadać charakterystykę przetwarzania 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. Ustawić w oknie panelu odpowiednie numery COM (patrz Rys.2). Uruchomić program klikając ikonkę  a następnie ikonkę  na pasku zadań (po każdej zmianie ustawień COM-ów trzeba powtórzyć tą operację). Sprawdzić komunikację przyrządów pomiarowych z komputerem. Zbadać charakterystykę wybranego czujnika temperatury. Wykonać pomiary rezystancji czujnika w zależności od temperatury w zakresie 10 – 60°C ze zmianą co 10°C. Zapisać także wartości U_1 i U_2 , które są potrzebne do wyznaczenia dokładności pomiaru wartości R_x . Wyniki umieścić w tabeli (przykład Tab.2).
- 2.2. Narysować wykresy funkcji $R=f(T)$ oraz $T=f(R)$
- 2.3. Wyznaczyć analitycznie funkcję – $T=f(R)$
- 2.4. Wykonać termometr wirtualny z zadaniem czujnikiem. Uruchomić program Termometr_M4640(50).exe. Ustawić w oknie panelu odpowiednie numery COM (patrz Rys.3). Wpisać wartości wyznaczonych współczynników A i B. Sprawdzić komunikację przyrządów pomiarowych z komputerem.
- 2.5. Wykonać pomiary sprawdzające poprawność działania termometru wirtualnego. Zmierzyć temperatury wybranych obiektów rzeczywistych i określić niepewność pomiaru. Zapisać: T_0 – temp. obiektu, T_w – temp. z przyrządu wirtualnego oraz wartości U_1 i U_2 .
- 2.6. Zbadać wpływ niepewności przyrządów pomiarowych i innych elementów układu pomiarowego na niepewność wyniku pomiaru temperatury termometrem wirtualnym.
- 2.7. Umieścić w sprawozdaniu analizę otrzymanych wyników i wnioski.

Przykładowe tabele pomiarowe:Tab.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												
...												

Tab.2. Wyniki pomiaru rezystancji w funkcji temperatury przyrządem wirtualnym

Lp.	$T [^{\circ}C]$	$\Delta T [^{\circ}C]$	$\delta T[\%]$	$R_x [\Omega]$	$\Delta R_x [\Omega]$	$\delta R_x [\%]$	$U_1 [V]$	$\Delta U_1 [V]$	$\delta U_1 [\%]$	$U_2 [V]$	$\Delta U_2 [V]$	$\delta U_2 [\%]$
1												
...												

Wprowadzenie:

Pomiar jest procesem pozyskiwania informacji o cechach (parametrach) mierzonego obiektu. Informacja ta przenoszona jest w postaci **sygnałów**. Sygnały przenoszące informacje ilościową o wielkościach mierzonych w postaci ilościowej 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 umożliwia przekazanie informacji 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.

"Przyrząd wirtualny" to rodzaj inteligentnego przyrządu pomiarowego, powstałego w wyniku sprzężenia pewnego sprzętu nowej generacji z komputerem osobistym ogólnego przeznaczenia i przyjaznym dla użytkownika oprogramowaniem, które umożliwia użytkownikowi współpracę z komputerem na zasadach takich, jakby obsługiwał tradycyjny przyrząd pomiarowy."

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 re-konfigurowalność. 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).

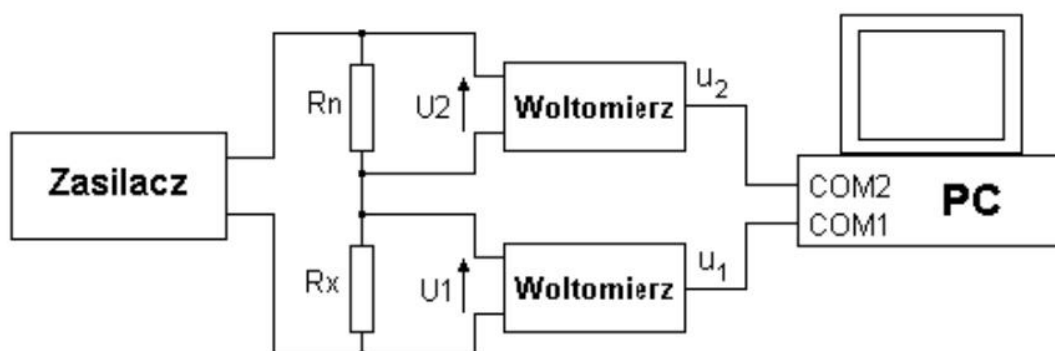
$$\frac{\partial f}{\partial x_i} \approx \frac{\Delta f}{\Delta x_i} \quad (3)$$

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.



Rys.1. Schemat układu pomiarowego rezystometru.

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).

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

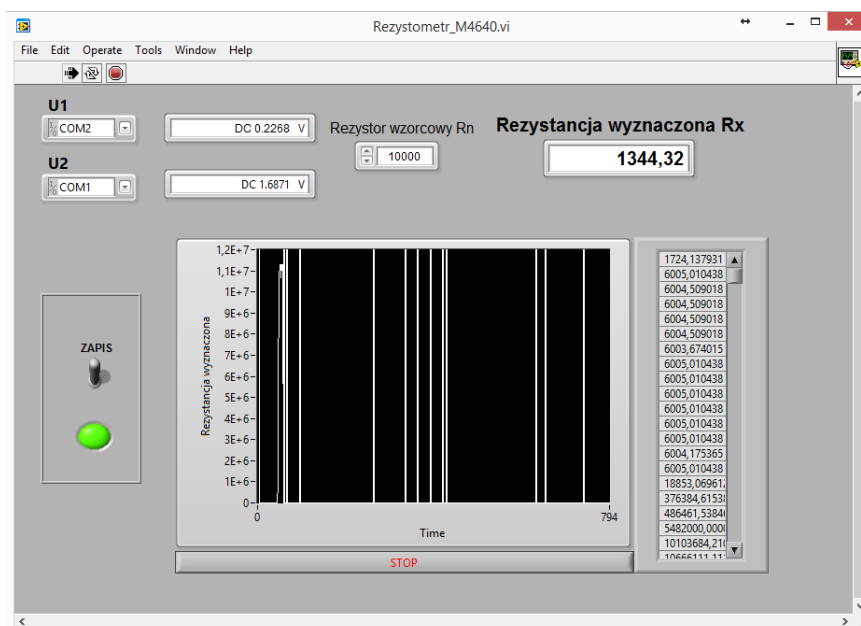
Obliczając wówczas, wg zależności (2), niepewność wskazań rezystancji, pochodzącą od niepewności pomiarów napięć u_1 , u_2 oraz niepewności wzorca R_n , otrzymamy wzór (7).

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

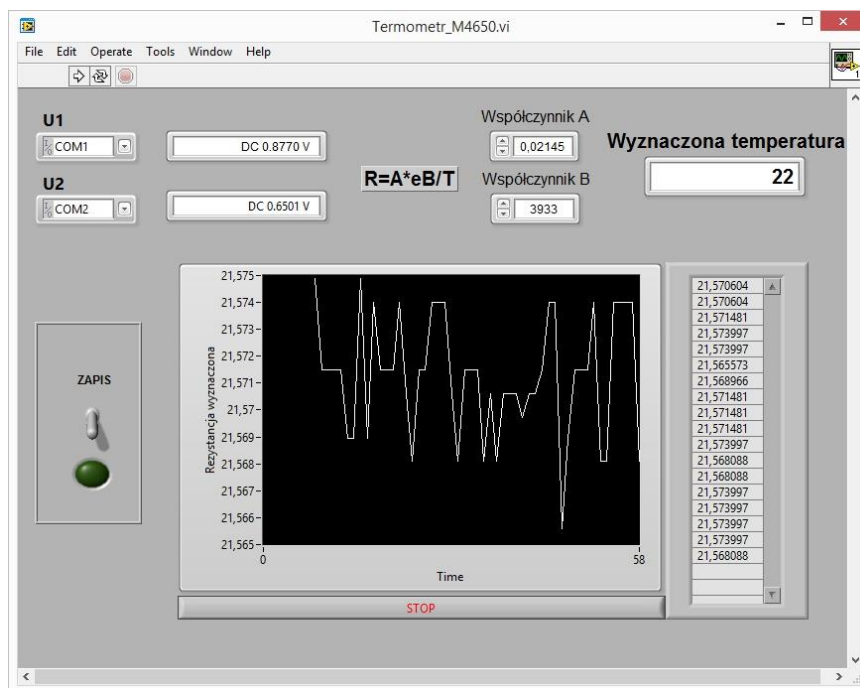
Powyższe równanie stanowi podstawę obliczenia niepewności maksymalnej wskazań rezystometru wirtualnego, przedstawionego w niniejszym ćwiczeniu.

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)



Rys.2. Interfejs użytkownika rezystometru wirtualnego

LABORATORIUM Z MIERNICTWA I AUTOMATYKI**Ćwiczenie nr 3 i 4. Przyrządy wirtualne***Rys.3 Interfejs użytkownika termometru wirtualnego***Literatura:**

- 3 Winiecki W., Organizacja Komputerowych Systemów Pomiarowych, Warszawa, Oficyna Wydawnicza PW, 1997.
- 4 Chwaleba A., Poniński M., Siedlecki A., Metrologia Elektryczna, Warszawa, WNT 1996.
- 5 Rak R., Wirtualny przyrząd pomiarowy – realne narzędzie współczesnej metrologii, OW PW, Warszawa 2003

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.

Tab.3. Zależność rezystancji od temperatury czujnika KTY81-221

TEMPERATURA	REZYSTANCJA R_t [Ω]		
t [$^{\circ}\text{C}$]	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
$R_t = 2000 * [1 + A * (t - 25) + B * (t - 25)^2]$ [$^{\circ}\text{C}$] t - temperatura w [$^{\circ}\text{C}$]			
A [Ω]		7.874E-3	
B [Ω]		1.874E-5	

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

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