Politechnika Rzeszowska **Katedra Metrologii i Systemów Diagnostycznych**	Grupa	1……..... *kierownik*	Data
Laboratorium Miernictwa Elektronicznego		2.....	
Korekcja wpływu rezystancji wejściowej mierników na wynik pomiaru	Nr ćwicz. **4**	3..... 4.....	**Ocena**

I. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie zasad korekcji oddziaływań systematycznych podczas pomiaru napięcia DC i oceny metodą typu B niepewności skorygowanego wyniku.

II. Zagadnienia

1. Podstawowe parametry metrologiczne przyrządów (woltomierze DC).
2. Oddziaływania systematyczne spowodowane ograniczaną wartością rezystancji wejściowej woltomierza podczas pomiaru napięcia DC oraz korekcja tych oddziaływań.
3. Ocena metodą typu B standardowej niepewności pomiaru przyrządem.
4. Złożona niepewność skorygowanego wyniku pomiaru obliczana metodą typu B.



III. Program ćwiczenia:

1. Omomierzem (multimetrem cyfrowym) zmierzyć wartości rzeczywiste rezystancji rezystorów R_1 i R_2 dzielnika rezystancyjnego (o nominalnych wartościach $R_{1,nom}$ i $R_{2,nom}$).
2. Dla zadanych wartości napięcia zasilającego U_z (rezystancję wyjściową zasilacza przyjąć równą ≈ 0) oraz zmierzonych wartości rezystancji rezystorów obliczyć wartość spadku napięcia U_x na zadanym rezystorze (R_1 lub R_2) (rys. 1,a).
3. Zestawić układ wg rys. 1,b do pomiaru napięcia. Zanotować w tabeli 1 podstawowe dane używanych w układzie przyrządów.
4. Według obliczonej wartości napięcia U_x dobrać odpowiedni zakres pomiarowy woltomierza cyfrowego V1 i po włączeniu zasilacza zaobserwować i zapisać w tabeli 2 wynik pomiaru U_{V1}. Porównać uzyskany wynik U_{V1} z wynikiem obliczeń U_x.

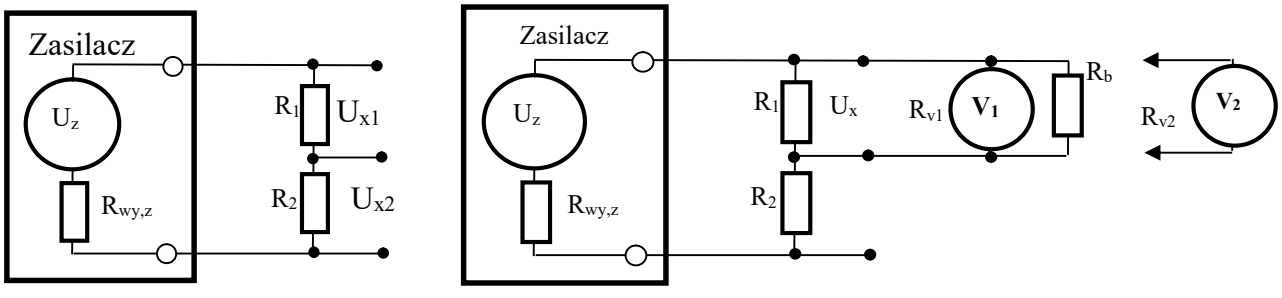
5. Na podstawie wartości współczynników *a* i *b* lub liczby cyfr najmniej znaczących *m* (wyznaczających dopuszczalne granice zmian wskazań woltomierza), zakresu $U_{n,V1}$ oraz wskazania U_{V1} woltomierza cyfrowego obliczyć metodą typu B wartość standardowej niepewności wskazania woltomierza.
6. Na podstawie obliczonej wartości napięcia mierzonego U_x oraz zmierzonej wartości U_{V1} oszacować wartości bezwzględnych i względnych błędów systematycznych, spowodowanych ograniczaną wartością rezystancji wejściowej woltomierza cyfrowego R_{V1}.
7. Podłączając równolegle do woltomierza podstawowego dodatkowy woltomierz cyfrowy V2 (docelowo z taką samą rezystancją wejściową $R_{v2,nom}=R_{v1,nom}$) zaobserwować wskazanie $U_{V1,b}$ woltomierza V1 i zapisać w tabeli 2 wynik pomiaru $U_{V1,b}$. W przypadku braku drugiego woltomierza wykorzystać dodatkowy rezystor o rezystancji R_b (najlepiej $R_{b,nom}=R_{V1,nom}$).
8. Na podstawie uzyskanych wskazań U_{V1} oraz $U_{V1,b}$ woltomierza V1 i znajomości nominalnych rezystancji woltomierza $R_{V1,nom}$ i drugiego woltomierza $R_{V2,nom}$ lub dodatkowego rezystora $R_{b,nom}$ w sposób eksperymentalny obliczyć wartość skorygowaną napięcia mierzonego.
9. Na podstawie niepewności wskazań woltomierza, niepewności wartości rezystancji wejściowej woltomierze lub dodatkowego rezystora oszacować złożoną standardową niepewność skorygowanego wyniku pomiaru napięcia.

IV. Przebieg ćwiczenia

1. Parametry zastosowanych przyrządów: **Tabela 1**

Zas.	Zasilacz napięcia DC		
	Typ	Numer	Rezystancja wyjściowa
	Zakres zmian napięcia wyjściowego:		Dopuszczalny prąd:
R1	Rezystor R_1		
Typ	Rezystancja nominalna: $R_{1,nom}=$ MΩ		Tolerancja: $\delta_{R1,gr}=\pm$ % Moc P=
R2	Rezystor R_2		
Typ	Rezystancja nominalna: $R_{2,nom}=$ MΩ		Tolerancja: $\delta_{R2,gr}=\pm$ % Moc P=
V1	Woltomierz cyfrowy: Typ:		Numer:
	Zakres pomiarowy: $U_{n,V}=$ Parametry dokładności: Od odczytu: b=± %; Od zakresu: b=± % Cyfr m =		Rezystancja wejściowa (nominalna) $R_{V1,nom}=$ Ω; $\delta_{RV1,gr}=\pm 0.10\%$ Rozdzielczość (wartość cyfry najmniej znaczącej: CNZ=
V2	Typ		Numer
	Rezystancja nominalna $R_{b,nom}=$ Ω Rezystancja wejściowa woltomierza dodatkowego $R_{V2,nom}=$ Ω.		Parametr dokładności: $\delta_{RV2,gr}=\pm 0.10\%$
R_b	Rezystor dodatkowy (bocznik) $\delta_{Rb,gr}=\pm 0{,}10\%$;		

2. Układ pomiarowy:



a b

Rys. 1. Uproszczone schematy układów: do obliczenia wartości spadków napięcia na rezystorach (a); do pomiaru i korekcji oddziaływania systematycznego (b)

3.Wyniki pomiarów i obliczeń

Wszystkie wyniki obliczeń i pomiarów wpisywać w tabele 2.

3.1. Dla zadanych rezystorów o nominalnej wartości rezystancji $R_{1,nom}$=…..M**Ω**, $R_{2,nom}$=…….M**Ω** multimetrem (w opcji omomierza) zmierzyć wartości rzeczywiste rezystancji rezystorów:

R_1 = R_2=

3.2. Dla zadanej wartości napięcia źródła (zasilacza) U_z=……. V i jego rezystancji wyjściowej $R_{wy,z} \approx 0$ **Ω** oraz zmierzonych rezystancji rezystorów dzielnika (rys. 1,a) R_1, R_2 obliczyć wartość U_x napięcia mierzonego na zadanym przeze prowadzącego rezystorze R_{pom} (R_1 lub R_2):

$$U_x = U_z \frac{R_{pom}}{R_1 + R_2} = \qquad V,$$

3.3. Zamontować układ pomiarowy na rys.1,b. Za pomocą woltomierza nastawić zadaną wartość napięcia zasilającego U_z. Upewnić się o stabilności napięcia zasilającego.

Dobrać odpowiedni zakres pomiarowy $U_{n,V1}$ woltomierza cyfrowego V_1 i przeprowadzić pomiary spadku napięcia na zadanym rezystorze R_{pom} (rys.1,b):

$U_{V1} =$ $\qquad V,$

Porównać wskazanie U_{V1} woltomierza z obliczoną wartością napięcia U_x.

3.4. Oszacować wartości błędu bezwzględnego i względnego systematycznego wyniku pomiaru spadku napięcia na zadanym rezystorze spowodowanych podłączeniem woltomierza:

$$\Delta U_{R_{V1}} = U_{V1} - U_x = \qquad V;$$

$$\delta U_{R_{V1}} = \frac{\Delta U_{R_{V1}}}{U_x} 100\% = \qquad \%..$$

3.5. Na podstawie znajomości zakresu pomiarowego $U_{n,V1}$ woltomierza cyfrowego, jego wskazania U_{V1}, oraz wartości współczynników a = …….(% od wskazania) i b = ……. (% od zakresu) lub liczbę m cyfr (najmniej znaczących, CNZ), wyznaczających dopuszczalne granice zmian wskazań woltomierza, metodą typu B oszacować standardową niepewność bezwzględną $u_B(U_{V1})$ i względną $u_{B,rel}(U_{V1})$ wskazania woltomierza:

$$u_B(U_{V1}) = \frac{a \cdot U_{V1} + b \cdot U_{n,V1}}{\sqrt{3} \cdot 100\%} = \qquad V;$$

lub $u_B(U_{V1}) = \dfrac{a \cdot U_{V1}/100\% + m \cdot CNZ}{\sqrt{3}} = \qquad V$

$$u_{B,rel}(U_{V1}) = \frac{u_B(U_{V1})}{|U_{V1}|}100\% = \qquad \%.$$

Porównać wartość względną standardowej niepewności $u_{B,rel}(U_{V1})$ wskazania woltomierza z oczekiwaną wartością błędu względnego systematycznego $\delta_{R_{V1}}(U_x)$ pomiaru tego napięcia.

3.6. W celu korekcji błędu systematycznego, spowodowanego wpływem rezystancji woltomierza R_{V1}, równolegle do niego podłączyć dodatkowy woltomierz cyfrowy V2, takiego samego typu, co i woltomierz V1 z rezystancją $R_{V2,nom}=R_{V1,nom}$ (rys.1,b).

W przypadku braku drugiego woltomierza wykorzystać dodatkowy rezystor o rezystancji R_b (najlepiej $R_{b,nom} = R_{v1,nom}$).

Zaobserwować wskazanie $U_{V1,b}$ pierwszego woltomierza cyfrowego V1 podczas pomiaru napięcia na zadanym rezystorze po podłączeniu dodatkowego woltomierza cyfrowego V2 lub bocznika :

$$U_{V1,b} = \qquad V,$$

3.7. Wyznaczyć skorygowaną wartość U_{sk} wyniku pomiaru tego napięcia, poprzednio obliczywszy:

wartość stosunku rezystancji $\beta = R_{V1,nom}/R_{V2,nom} =$,

lub $\beta = R_{V1,nom}/R_{b,nom} =$

oraz wartość stosunku wskazań woltomierza: $\gamma = U_{V1}/U_{V1,b} =$:

Skorygowana wartość napięcia:

$$U_{x,kor} = U_{V1}\frac{R_{V1}/R_b}{1 + R_{V1}/R_b - U_{V1}/U_{V1,b}} = U_{V1}\frac{\beta}{1+\beta-\gamma} = \qquad V.$$

3.8. Porównać skorygowaną wartość $U_{x,kor}$ napięcia z obliczoną poprzednio wartością U_x. Oszacować wartości błędu bezwzględnego i względnego skorygowanej wartości napięcia:

$$\Delta U_{kor} = U_{x,kor} - U_x = \qquad V;$$

$$\delta U_{kor} = \frac{\Delta U_{kor}}{U_x}100\% = \qquad \%.$$

3.9. Obliczyć skuteczność korekcji oddziaływania systematycznego (zaokrąglić do liczby całkowitej):

$$E_{kor} = \left| \frac{\delta U_{R_{V1}}}{\delta U_{kor}} \right| =$$

3.10. Na podstawie znajomości zakresu pomiarowego $U_{n,V1}$ woltomierza, jego drugiego wskazania $U_{V1,b}$ oraz wartości współczynników $a =$ …….(% od wskazania) i $b =$ ……. (% od zakresu) lub liczbę m cyfr (najmniej znaczących, CNZ), wyznaczających dopuszczalne granice zmian wskazań woltomierza, metodą typu B oszacować standardową niepewność bezwzględną $u_B(U_{V1,b})$ i względną $u_{B,rel}(U_{V1,b})$ wskazania woltomierza:

$$u_B(U_{V1,b}) = \frac{a \cdot U_{V1,b} + b \cdot U_{n,V1}}{\sqrt{3} \cdot 100\%} = \qquad V;$$

$$\text{lub } u_B(U_{V1,b}) = \frac{a \cdot U_{V1,b}/100\% + m \cdot CNZ}{\sqrt{3}} = \qquad V$$

$$u_{B,rel}(U_{V1,b}) = \frac{u_B(U_{V1,b})}{|U_{V1,b}|} 100\% = \qquad \%.$$

3.11. Przy założeniu jednostajnego rozkładu prawdopodobieństwa możliwych odchyleń $\delta_{RV,gr}$ rezystancji jednakowych woltomierze V1 oraz V2 (lub bocznika $\delta_{Rb,gr}$) od ich wartości nominalnych $R_{V1,nom}$, $R_{V2,nom}$ (lub $R_{b,nom}$) wyznaczyć względne niepewności standardowe ich rezystancji:

$$u_{B,rel}(R_{V1}) = u_{B,rel}(R_{V2}) = \frac{\delta_{RV,gr}}{\sqrt{3}} = \qquad \%$$

$$u_{B,rel}(R_b) = \frac{\delta_{Rb,gr}}{\sqrt{3}} = \qquad \%$$

Jeśli dopuszczalne wartości odchyleń rezystancji wejściowych woltomierza nie są zadane, przyjąć:

$$u_{B,rel}(R_{V1}) = u_{B,rel}(R_{V2}) \approx \frac{a}{\sqrt{3}} = \qquad \%.$$

3.12. Wykorzystując obliczone wartości względnych standardowych niepewności $u_{B,rel}(U_{V1})$, $u_{B,rel}(U_{V1,b})$, $u_{B,rel}(R_{V1})$, $u_{B,rel}(R_{V2})$ lub $u_{B,rel}(R_b)$, oraz wartości współczynników β i γ obliczyć względną złożoną standardową niepewność skorygowanego wyniku:

$$u_{c,r}(U_{x,kor}) \approx \frac{1}{(1+\beta-\gamma)} \sqrt{\left((1+\beta) \cdot u_{B,rel}(U_{V1}) - \gamma \cdot u_{B,rel}(U_{V1,b})\right)^2 + \left(u^2_{B,rel}(R_{V1}) + u^2_{B,rel}(R_{V2})\right)(1-\gamma)^2} =$$

$$= \qquad \%.$$

Oraz i bezwzględną złożoną standardową niepewność skorygowanego wyniku

$$u_{cB}\left(U_{x,kor}\right)=\frac{u_{c,rel}\left(U_{x,kor}\right)\cdot U_{x,kor}}{100\%}=\qquad \text{V.}$$

3.13. Zapisać skorygowany wynik pomiaru w formie:

$$U_x=\left(U_{x,kor}+u_c\left(U_{x,kor}\right)\right)=\qquad \text{V.}$$

Wyniki obliczeń oraz pomiaru **Tabela 2**

$R_{1,nom}$,= Ω	$R_{2,nom}$= Ω	$R_{V1,nom}$= Ω	$R_{b,nom}$= Ω
R_1= Ω	R_2= Ω	$u_{B,rel}(R_{V1})$= %	$u_{B,rel}(R_b)$= %
U_x= V	U_{V1}= V	$\Delta U_{R_{V1}}$= V	$\delta U_{R_{V1}}$= %
$U_{V1,b}$= V	β=	γ=	$U_{x,kor}$= V
$u_B(U_{v1})$= V	$u_{B,rel}(U_{v1})$= %	$u_B(U_{v1,d})$= V	$u_{B,rel}(U_{v1,d})$= %
$u_{c,rel}(U_{x,kor})$= %	$u_c(U_{x,kor})$= V	ΔU_{kor}= V	δU_{kor}= %
E_{kor}=	$U_x=\left(U_{x,kor}+u_c\left(U_{x,kor}\right)\right)=$		

V. Wnioski (o przyczynach istotnego odchylenia wskazania woltomierza od wartości obliczonej, o metodzie korekcji i o skuteczności korekcji)

VI. Pytania kontrolne

Parametry liczbowe w zagadnieniach będą zadawane indywidualnie!

1. Podać najważniejsze parametry metrologiczne woltomierze DC.
2. Oszacować standardową niepewność typu B ($u_B(U_V)$) wyniku pomiaru napięcia przy następnych założeniach: zakres pomiarowy $U_{n,V}$=2 V, wskazanie woltomierza (odczyt) U_V=1,583 V, dopuszczalne graniczne wartości odchyleń wskazań woltomierza wynoszą: $a = \pm 0{,}04\%$ od odczytu (wskazania), $b = \pm 0{,}05\%$ od zakresu. Przyjęć jednostajny rozkład prawdopodobieństwa odchyleń wskazań woltomierza w przedziale wartości granicznych.
3. Oszacować standardową niepewność typu B ($u_B(U_V)$) wyniku pomiaru napięcia przy następnych założeniach: zakres pomiarowy $U_{n,V}$=20 V, wskazanie woltomierza (odczyt) U_V=18.134 V, dopuszczalne graniczne wartości odchyleń wskazań woltomierza wynoszą: $a = \pm 0{,}05\%$ od odczytu (wskazania), ora m =5 cyfr najmniej znaczących. Przyjęć jednostajny rozkład prawdopodobieństwa odchyleń wskazań woltomierza w przedziale wartości granicznych.
4. Oszacować względną standardową niepewność $u_{B,rel}(U_V)$ wskazania woltomierza (odczyt) U_V=1,583 V, jeśli oszacowana metodą typu B standardową niepewność wyniku pomiaru $u_B(U_V)$=1,23 mV.
5. Jak wpływa rezystancja woltomierza na wartość błędu systematycznego pomiaru napięcia? Podać i przeanalizować wzór.
6. Oszacować wartość systematycznego błędu względnego pomiaru napięcia woltomierzem napięcia DC w obwodzie elektrycznym z następnymi wartościami rezystancji: rezystancja, na której jest mierzone napięcie, $R_{1,nom}$=100 kΩ, ekwiwalentna rezystancja reszty obwodu względem rezystancji mierzonej $R_{o,e}$=200 kΩ, nominalna rezystancja wejściowa woltomierza $R_{v,nom}$=1 MΩ.
7. W jakim przypadku można analitycznie skorygować systematyczny błąd pomiaru napięcia, spowodowany wpływem rezystancji woltomierza?
8. Co ogranicza skuteczność analitycznej korekcji systematycznego błędu pomiaru napięcia, spowodowanego wpływem rezystancji woltomierza?
9. Przyjmując jednostajny rozkład prawdopodobieństwa względnych odchyleń rezystancji rezystora w granicach δ_R=±2,0 % od wartości nominalnej R_{nom}=10 kΩ wyznaczyć bezwzględną standardową niepewność rezystancji rezystora.
10. Przyjmując jednostajny rozkład prawdopodobieństwa względnych odchyleń rezystancji rezystora w granicach δ_R=±1,0 % od wartości nominalnej wyznaczyć bezwzględna standardową niepewność rezystancji rezystora.
11. Na czym polega eksperymentalna korekcja systematycznego błędu pomiaru napięcia, spowodowanego wpływem rezystancji woltomierza?
12. Podczas pomiaru woltomierzem napięcia w obwodzie elektrycznym uzyskano wskazanie woltomierza: U_V=12,50V i w celu korekcji systematycznego odchylenia, spowodowanego wpływem rezystancji woltomierza $R_{v,nom}$=10 MΩ, równolegle do niego został podłączony rezystor o rezystancji $R_{b,nom}$=5 MΩ, i uzyskano drugie wskazanie woltomierza $U_{V,b}$=10,00V. Obliczyć skorygowaną wartość wyniku pomiaru napięcia.

Literatura

1. Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik. Główny Urząd miar. 1999.
2. Taylor J.R.: Wstęp do analizy błędu pomiarowego. Warszawa: PWN, 1995.
3. Turzeniecka D.: Ocena niepewności wyniku pomiarów. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 1997.