

**Pracownia Elektrotechniki i Elektroniki**

**Badanie układów regulacji  
oraz pomiary napięcia.**

*opracowali:*  
*Romuald Borowczyk*  
*Marek Przybylski*

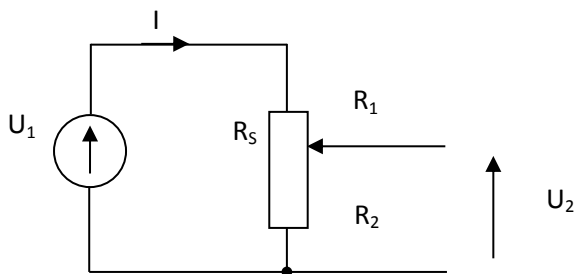
Sprawozdania wykonał:.....  
Klasa:.....

## Cel ćwiczenia

- poznanie zasad regulacji napięcia w obwodzie elektrycznym,
- realizacja prostych układów regulacji napięcia,
- wyrobienie umiejętności posługiwania się woltomierzami.

## 1. Wprowadzenie

Niekiedy zależy nam na tym, aby móc nastawiać napięcie podawane do układu począwszy od wartości bliskiej zero do wartości ustawionej na zasilaczu. Najprostszym układem służącym do tego celu jest układ zwany **dzielnikiem napięcia** (układ potencjometryczny). Składa się on ze źródła napięcia o sile elektromotorycznej  $U_1$  oraz rezystora suwakowego włączonego jak na rysunku poniżej. Napięcie  $U_2$  jest napięciem wyjściowym układu dzielnika.



Rys. 1.

Natężenie prądu w obwodzie ma wartość

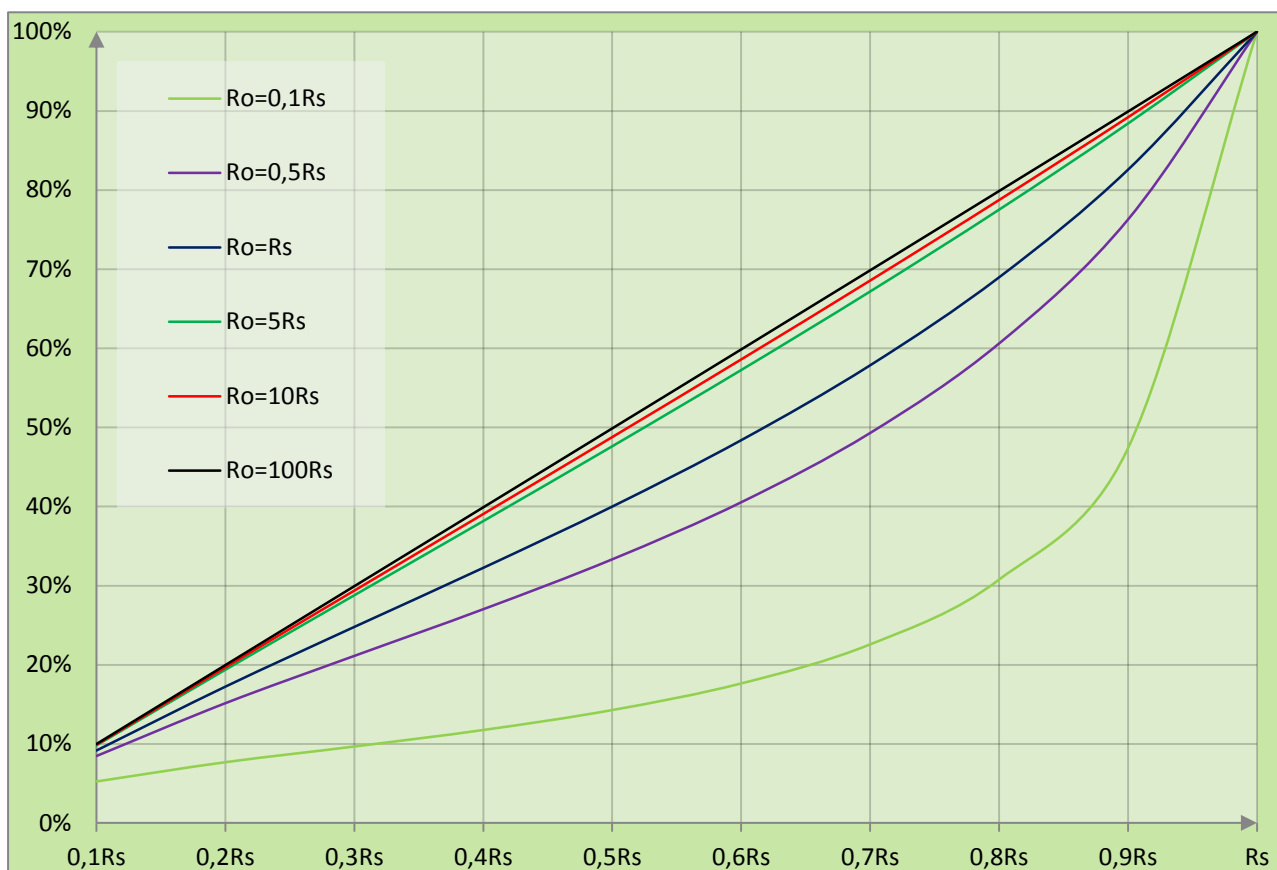
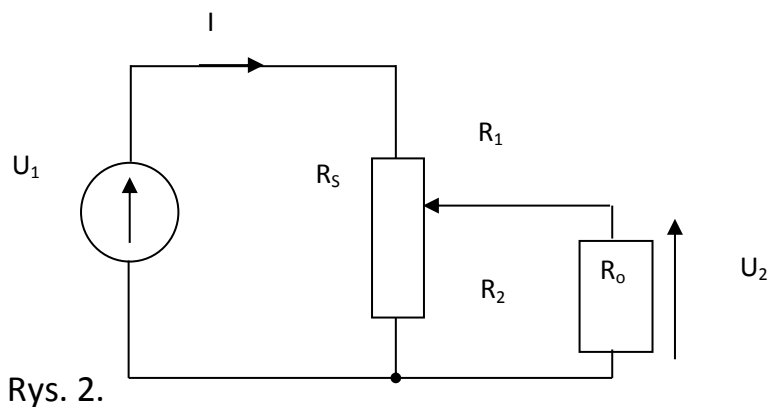
$$I = \frac{U_1}{R_s} = \frac{U_1}{R_1 + R_2}$$

a napięcie na wyjściu dzielnika

$$U_2 = I * R_2 = U_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2} = U_1 \frac{R_2}{R_s}$$

Napięcie na wyjściu dzielnika równa się iloczynowi napięcia zasilającego  $U_1$  pomnożonego przez iloraz wartości rezystancji  $R_2$ , na której to napięcie mierzymy i całkowitej rezystancji  $R_s$  rezystora (równej sumie rezystancji  $R_1$  i  $R_2$ ).

**Powyższe zależności są słuszne jedynie dla dzielnika nieobciążonego.** W przypadku dzielnika obciążonego obowiązują inne zależności.



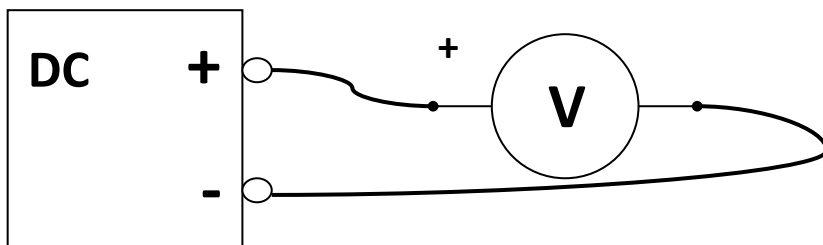
Rys. 3. Wykres napięcia wyjściowego z potencjometru liniowego w funkcji jego nastawy dla różnych rezystancji obciążenia tego potencjometru.

Zatem **zakres regulacji** z potencjometrycznie włączonym rezystorem służącym do regulacji napięcia w obwodzie będzie **od  $U_{min}=0$  do  $U_{max}=U_1$**  i będzie przebiegał liniowo dla dzielnika nieobciążonego. W miarę wzrostu obciążenia dzielnika (coraz mniejsza rezystancja odbiornika  $R_o$ ), zmiany będą coraz bardziej nieliniowe – lecz zakres regulacji nie ulegnie zmianie.

**UWAGA!** Zastosowany w obwodzie rezystor ma określoną przez wytwórcę obciążalność. W żadnym momencie pomiarów nie należy jej przekraczać. Podobnie zasilacz DC ma określoną obciążalność jej również nie należy przekraczać.

## 2. Pomiar napięcia przy pomocy woltomierza analogowego

Jak już wspomniano woltomierz włącza się do obwodu równolegle w miejscu pomiaru napięcia. W przypadku woltomierza analogowego zacisk oznaczony „+” dołącza się od strony plusa „+” zasilania ( Rys. 3).



Rys. 4.

Na początku przed załączeniem napięcia w układzie należy wybrać tryb pracy DC (z uwagi na rodzaj źródła zasilania). Zakres pomiarowy należy wybrać najwyższy z możliwych. Dopiero po uruchomieniu układu pomiarowego zmniejszamy zakres pomiarowy do wartości optymalnej. Jeśli to możliwe, dążymy do uzyskania wychylenia wskazówki przyrządu powyżej 1/2 wartości maksymalnego wychylenia (Rys. 5).

W miernikach analogowych odczyt wartości wielkości mierzonej następuje ze skali, na której naniesiona jest podziałka, czyli uporządkowany ciąg kresek oznaczonych cyframi. Odcinek skali objęty dwiema sąsiednimi kreskami podziałki nazywa się działką elementarną. Długość podziałki jest związana z klasą miernika, a liczba działek może wynosić od kilkunastu do ponad stu.



Rys. 5.

Odczyt wartości wskazań przyrządów wskazówkowych dokonuje się bezpośrednio w jednostkach wielkości mierzonej lub pośrednio przez odczyt liczby działek odchylenia wskazówki.

Pierwszy sposób jest charakterystyczny dla mierników jednozakresowych, drugi dla wielozakresowych mierników laboratoryjnych (Rys. 5). W takim przypadku odczytuje się liczbę działek  $\alpha$  wskazywanych przez wskazówkę, które następnie przelicza się na wartość wielkości mierzonej  $x$  za pomocą tak zwanej stałej zakresowej przyrządu  $C_x$ , według zależności:

$$x = \alpha C_x [j]$$

Stałą zakresową  $C_x$  oblicza się na podstawie danych technicznych miernika, jako iloraz zakresu pomiarowego  $Z$  oraz całkowitej liczby działek na danej skali  $\alpha_m$ .

$$C_x = Z / \alpha_m [j/dz]$$

**Pamiętaj!** Odczytu położenia wskazówki w laboratoryjnych przyrządach analogowych należy dokonywać starannie, bez błędu paralaksy i z dokładnością do dziesiątej części działki elementarnej.

Przykład: Woltomierz z Rys. 5 ustawiony jest na zakres  **$Z = 7,5V$** . Wskazówka wychyliła się o  **$\alpha = 53$  działki**. Jakie napięcie wskazuje przyrząd?

Maksymalna liczba działek podziałki (takie będzie wychylenie wskazówki przyrządu, gdy mierzone napięcie będzie równe zakresowi pomiarowemu) dla przyrządu z Rys. 5 może wynosić  **$\alpha_m = 75$  działek** lub  **$\alpha_m = 30$  działek** (dla zakresu 7,5 V wygodniej jest przyjąć  **$\alpha_m = 75$  działek** )

Stała podziałki wynosi:

$$C_x = Z / \alpha_m [V/dz] = 7,5 [V] / 75 [dz] = 0,1 [V/dz]$$

Odczytane zatem napięcie wynosi:

$$I = \alpha C_x = 53 [dz] \cdot 0,1 [V/dz] = 5,3 V$$

**Pamiętaj!** Jeżeli podziałka miernika nie jest wyskalowana w jednostkach wielkości mierzonej to przed przystąpieniem do pomiarów należy policzyć i zanotować stałe dla wszystkich zakresów miernika. W takim przypadku wskazanie miernika odczytujemy i notujemy w działkach, jednocześnie zapisując stałą zakresową. Dopiero na tej podstawie obliczamy wartość wielkości mierzonej.

Dokładny odczyt wartości wskazanej przez miernik jest możliwy tylko wtedy, gdy położenie wskazówki dokładnie pokrywa się z kreską podziałki. Jeżeli wskazówka znajduje

się między kreskami, należy oszacować jej położenie z dokładnością 0.1 dla części elementarnej dla przyrządów laboratoryjnych i 0.2 dla przyrządów klas technicznych. Najmniejsza część działki elementarnej jaką można odczytać nazywa się **zdolnością rozdzielczą podziałki**.

### 3. Obliczanie błędów pomiarowych

Wartość błędu pomiaru przyrządem analogowym zależy od jego klasy dokładności  $K$  oraz zakresu pomiarowego  $Z$ . Przez wskaźnik **klasy dokładności** miernika analogowego należy rozumieć liczbę, która wyraża procentowy stosunek wartości bezwzględnego błędu granicznego  $\Delta_{gr}$  do wartości zakresu pomiarowego:

$$K = 100 \cdot \Delta_{gr} / Z$$

Z powyższego wzoru wynika, że **bezwzględny błąd pomiaru miernika** w warunkach odniesienia, wyrażony w procentach wartości zakresu, dla żadnej wartości wielkości mierzonej w zakresie pomiarowym nie powinien przekraczać wskaźnika klasy dokładności. Dla przyrządów wskazówkowych rozróżnia się kilka klas dokładności, a najczęściej spotykane to: 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; przy czym im większy wskaźnik klasy dokładności tym większy błąd pomiaru.

Przekształcając powyższy wzór, uzyskujemy zależność na obliczenie **bezwzględnego błędu granicznego**:

$$\Delta_{gr} = K \cdot Z / 100$$

Warto zauważyć, że bezwzględny błąd graniczny przyjmuje stałą wartość, niezależnie od wartości mierzonej.

**Względny błąd graniczny** obliczamy natomiast z zależności:

$$\delta_{gr} = 100 \cdot \Delta_{gr} / x$$

gdzie  $x$  jest **wartością zmierzoną**. Z powyższej zależności wynika, że względny błąd graniczny pomiaru maleje wraz ze zwiększaniem wychylenia wskazówki. Z tego powodu zaleca się taki dobór zakresu pomiarowego, aby wychylenie wskazówki zawsze zawierało się w części podziałki powyżej  $\frac{1}{2}$  zakresu.

**Pamiętaj!** Bezwzględny błąd graniczny pomiaru miernikiem analogowym jest stały w całym zakresie pomiarowym i zależy od klasy przyrządu i zakresu pomiarowego. Względny błąd graniczny, który jest stosunkiem błędu granicznego do wartości mierzonej, maleje wraz ze wzrostem tej wartości. Z tego powodu zakres przyrządu należy dobrać w taki sposób, aby wychylenie wskazówki znajdowało się w części podziałki powyżej  $\frac{1}{2}$  zakresu.

Przykład: Woltomierz przedstawiony na Rys. 5 jest klasy  $K=0,5$ , więc bezwzględny błąd graniczny wynosi:  $\Delta_{gr} = K \cdot Z / 100 = 0,5 \cdot 7,5 \text{ V} / 100 = \mathbf{0,0375 \text{ V}}$ , natomiast względny błąd graniczny dla wykonanego pomiaru wynosi:

$$\delta_{gr} = 100 \cdot \Delta_{gr} / x = 100 \cdot 0,0375 \text{ V} / 5,3 \text{ V} = \mathbf{0,71\%}$$

Nieco odmiennie oblicza się błąd graniczny pomiaru przyrządem cyfrowym. **W zależności od producenta przyrządu** dokładność pomiaru może być wyrażana na **dwa sposoby**.

**Pierwszy sposób** zapisu błędu przyrządu cyfrowego przedstawia wyrażenie:

(a% wskazania + b% zakresu)

Błąd jest zatem wyrażany za pomocą sumy dwóch składowych: procentu wartości wskazanej  $x$  oraz procentu zakresu pomiarowego  $Z$ . Współczynniki procentowe  $a$  i  $b$  są podawane przez producenta w dokumentacji technicznej przyrządu. Wzory obliczeniowe na błędy graniczne (bezwzględny i względny) mają postać:

$$\Delta_{gr} = (a \cdot x + b \cdot Z) / 100$$

$$\delta_{gr} = a + b \cdot Z / x$$

**Drugi sposób** zapisu błędu z jakim można się spotkać w praktyce ma postać:

(a% wskazania + n LSD)

Składnik n LSD (least significant digit) jest to wartość wynikająca z n-krotnego zwielokrotnienia rozdzielczości przyrządu cyfrowego. Przypomnijmy, że przez rozdzielczość przyrządu cyfrowego rozumiemy najmniejszą wartość jaka może być wyświetlona na danym zakresie pomiarowym.

W takim przypadku wzory obliczeniowe na błędy graniczne przyjmują postać:

$$\Delta_{gr} = a \cdot x / 100 + n \text{ LSD}$$

$$\delta_{gr} = a + 100 \cdot n \text{ LSD} / x$$

**Pamiętaj!** *Bezwzględny błąd graniczny pomiaru miernikiem cyfrowym określa stosownym wzorem (podanym w instrukcji obsługi przyrządu) producent przyrządu. Względny błąd graniczny, który jest stosunkiem bezwzględnego błędu granicznego do wartości mierzonej, zależy od wypełnienia cyframi wyświetlacza przyrządu. Jeżeli przyrząd nie wybiera automatycznie zakresu pomiarowego należy ten zakres dobrać w taki sposób, aby wartość odczytywana była jak najbliższa wartości zakresu lecz, oczywiście, od niej niższa. Taki dobór zakresu zapewnia uzyskanie najmniejszego względnego błędu granicznego.*

Imię i nazwisko: .....	Klasa: .....	Stanowisko: .....	Nr w dzienniku: .....
Skład grupy: 1. .... 2. .... 3. ....			
Temat ćwiczenia: <b>Obwody DC. Badanie układów regulacji i pomiary napięcia.</b>			Data:
Ocena z przeprowadzonego ćwiczenia:		Podpis nauczyciela:	

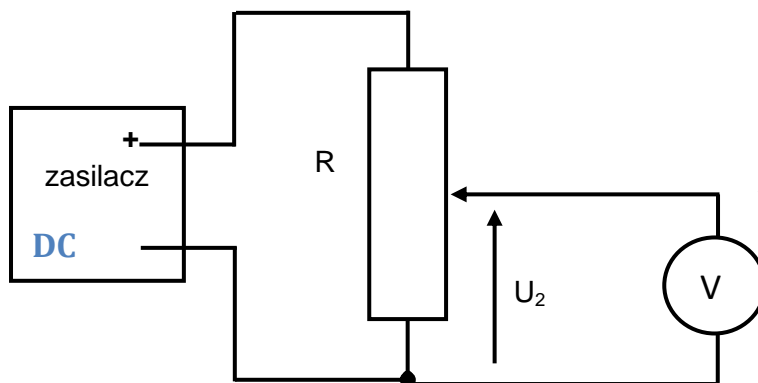
### ZADANIA POMIAROWE

- połączyć układ pomiarowy wg rys.6,
- wykonać pomiary napięcia  $U_2$  dla kilku położeń suwaka rezystora R ( również dla położeń skrajnych ). **Dla każdego położenia suwaka wykonać pomiary woltomierzem cyfrowym,**
- wyniki pomiarów zapisać w tabeli nr 1.

### UWAGA:

- wartość napięcia wyjściowego z zasilacza **nie może** być zmieniana,
- pomiary wykonywać na odpowiednio dobranych zakresach pomiarowych woltomierza.

### Schemat układu pomiarowego



Rys.6. Schemat układu pomiarowego do nastawiania i pomiaru napięcia.



**Tabela pomiarowa1**

L.p.	$U_{nc}$	$U_{2c}$	$\Delta U_c$	$\delta U_c$	Dokładność wg. producenta
---	V	V	V	%	
1					
2					
3					
4					
5					
6					

**Oznaczenia**

$U_{nc}$  - zakres pomiarowy woltomierza cyfrowego [V]

$U_{2c}$  - wartość napięcia zmierzona woltomierzem cyfrowym [V]

$\Delta U_c$  - błąd bezwzględny pomiaru napięcia przy pomocy woltomierza cyfrowego [V]

$\delta U_c$  - błąd względny pomiaru napięcia przy pomocy woltomierza cyfrowego [%]

Tabela pomiarowa 2.

L.p.	$U_{na}$	$\alpha_{max}$	$C_v$	$\alpha$	$U_{2a}$	$\Delta U_a$	$\delta U_a$
---	V	dz	V/dz	dz	V	V	%
1							
2							
3							
4							
5							
6							

$U_{na}$  - zakres pomiarowy woltomierza analogowego;

$\alpha_{max}$  - maksymalna ilość działek dla danego zakresu woltomierza;

$C_v$  - stała zakresowa woltomierza;

$\alpha$  - odczytana ilość działek pomiaru;

$U_{2a}$  - zmierzona wartość napięcia.

Przykładowe obliczenia: błędu pomiarowego **bezwzględnego i względnego** dla pomiaru woltomierzem cyfrowym i analogowym oraz obliczenie wartości  $C_v$  i  $U_{2a}$

### **Opracowanie wyników**

- a. Na podstawie otrzymanych wyników pomiarów **określić zakres regulacji napięcia** w układzie z potencjometrem (rys. 6) ( $U_{\min}$  i  $U_{\max}$ ). Określić, czy jest zgodny z oczekiwanym.
- b. Obliczyć błędy pomiarowe bezwzględne i względne dla pomiaru woltomierzem cyfrowym i analogowym.
- c. Omówić wpływ doboru zakresu pomiarowego woltomierza na wielkość błędu pomiarowego.