

Pomiary wielkości stałych miernikami magnoelektrycznymi

Dokładność mierników wiąże się z pojęciem błędu miernika. **Błąd bezwzględny miernika** Δ_m określa się identycznie jak bezwzględny błąd pomiaru (patrz rozdz. 1.3), czyli jako różnicę między wartością zmierzoną (wskazaną) a rzeczywistą (poprawną)

$$\Delta_m = W_{zm} - W_{rz} \quad (2.39)$$

natomiast **błąd względny miernika** odnosi się do wartości maksymalnej wskazania, a nie do wartości rzeczywistej

$$\delta_m = \frac{\Delta_m}{W_{\max}} = \frac{W_{zm} - W_{rz}}{W_{\max}} \cdot 100\% \quad (2.40)$$

Zgodnie z normą, **klasa dokładności** mierników jest to **klasa(grupa, zbiór) mierników**, które spełniają pewne wymagania metrologiczne, dotyczące utrzymania dopuszczalnych błędów w określonych granicach.

Są następujące klasy mierników:

1, 2, 5

i pomnożone przez potęgi 10, np.:

0,1 0,2 0,5

0,01 0,02 0,05

czasami dopuszcza się jeszcze klasy pośrednie:

0,3 1,5 2,5 3

Wskaźnik klasy wyraża **największy dopuszczalny graniczny względny procentowy błąd miernika**.

Klasa miernika jest podana na skali miernika w postaci odpowiedniej liczby. Liczy się ją jak graniczny błąd względny, a następnie **normalizuje**, czyli zaokrągla w górę do jednej z cyfr znormalizowanych (1, 2, 5 itd.).

Gdy graniczny błąd względny wynosi 0,34%, to klasa miernika będzie 0,5.

W wypadku niektórych urządzeń nie da się obliczyć błędu granicznego dzieląc przez maksymalne wskazanie. (omomierz o zakresie od 0 do ∞). Wtedy błąd określa się w stosunku do **długości podziałki**.

1. Amperomierze magnetoelektryczne

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

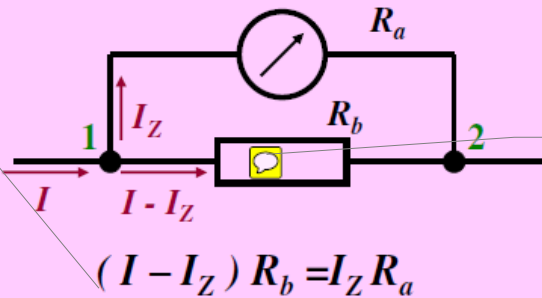
Amperomierze magnetoelektryczne

Parametry wskaźnika magnetoelektrycznego: I_Z R_a (U_Z)

Parametry amperomierza: I (zakres)

Z prawa
Kirchoffa
dla oczka
1-2

$$I > I_Z$$



Bocznik - opór,
który "przejmuje"
część prądu.
Zwykle jest
wbudowany w
amperomierz.

$$(I - I_Z) R_b = I_Z R_a$$

$$R_b = \frac{R_a}{\frac{I}{I_Z} - 1} = \frac{R_a}{m_a - 1};$$

gdzie: $m_a = I/I_Z$ jest współczynnikiem
rozszerzenia zakresu

Mamy również: $I_Z = I \frac{R_b}{R_b + R_a}$

2. Woltomierze magnetoelektryczne

Amperomierz magnetoelektryczny może być również woltomierzem, jeżeli dołączymy do niego szeregowo opornik zwany **posobnikiem**.

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

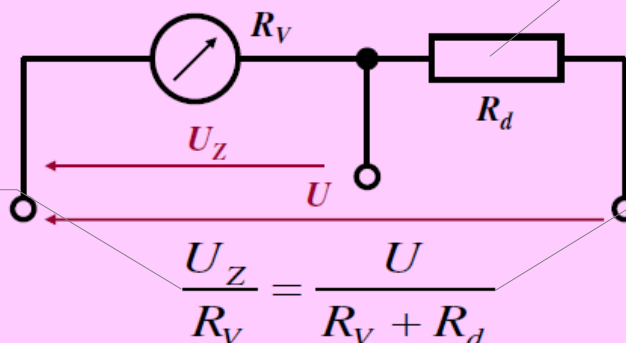
Woltomierze magnetoelektryczne

Parametry wskaźnika magnetoelektrycznego: U_z , R_v , (I_z)

Parametry woltomierza: U (zakres)

Posobnik

Z lewej strony równania: prąd płynący przez opór R_v dany jest wzorem U_z/R_v . To chyba oczywiste.



Ten sam prąd płynie dalej przez opór R_d ... Można też powiedzieć że płynie przez opór zastępczy $R=R_v+R_d$, spadek napięcia na tym oporze jest równy U , zatem $I=U/R$.

$$R_d = \left(\frac{U}{U_z} - 1 \right) \cdot R_v = (m_v - 1) \cdot R_v ;$$

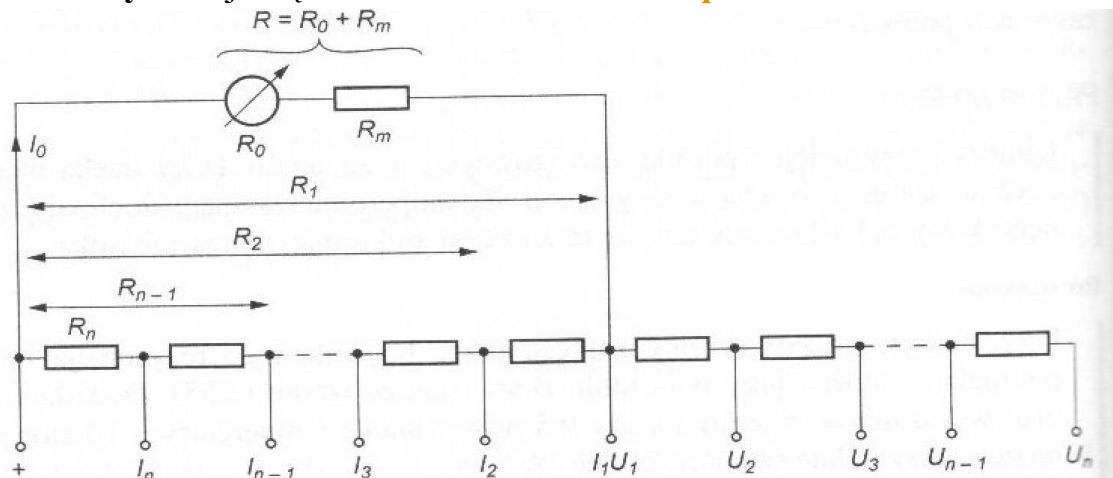
gdzie: $m_v = U/U_z$ jest współczynnikiem rozszerzenia zakresu woltomierza

W obwodzie płynie prąd I : $R_v = \frac{U_z}{I} \rightarrow I = \frac{U_z}{R_v}$ oraz: $I = \frac{U}{R_v + R_d}$ stąd: $\frac{U_z}{R_v} = \frac{U}{R_v + R_d}$

po wyznaczeniu R_d otrzymujemy wzór taki, jak na górze w żółtej ramce.

3. Woltoamperomierz wielozakresowy

Stosując szereg oporników dodatkowych oraz wielostopniowy tzw. **bocznik uniwersalny** buduje się wielozakresowe **woltoamperomierze**.



Rys. 2.47. Podstawowy układ wielozakresowego woltoamperomierza magnetoelctrycznego prądów i napięć stałych

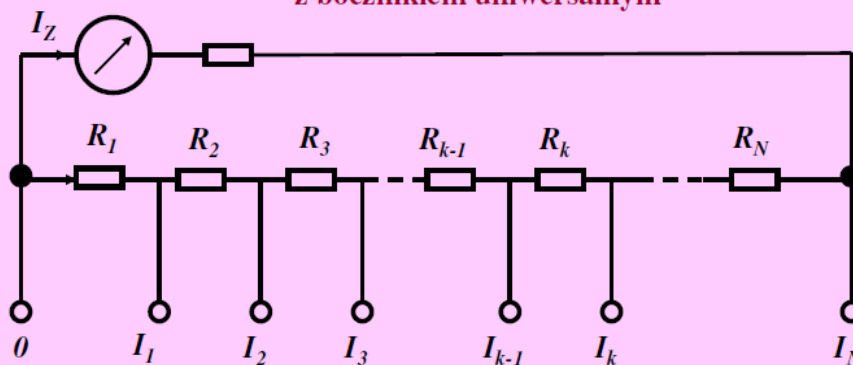
Możemy zapisać układ równań:

$$\begin{aligned}(I_n - I_0) R_n &= I_0 [R + (R_1 - R_n)] \\ (I_{n-1} - I_0) R_{n-1} &= I_0 [R + (R_1 - R_{n-1})]\end{aligned}$$

,gdzie $R = R_0 + R_m$ to suma rezystancji cewki i opornika korygującego błąd temperaturowy. Otrzymuje się zależność: $I_n R_n = I_{n-1} R_{n-1} = \dots = I_1 R_1$

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

AMPEROMIERZ WIELOZAKRESOWY z bocznikiem uniwersalnym



Poprawka:
 I / I_z .

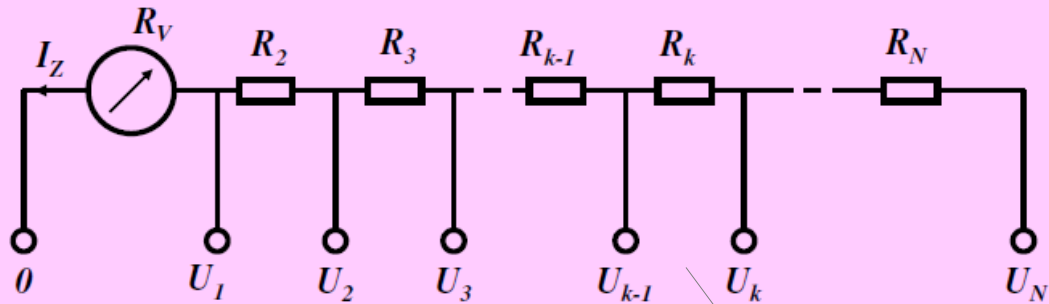
$$R_k = \frac{m \cdot R_a}{m-1} \cdot I_z \left(\frac{1}{I_k} - \frac{1}{I_{k-1}} \right) \quad \text{dla } k = 2, 3, \dots, n; \quad \text{gdzie: } m = \frac{I_z}{I_1}$$

$$R_1 = \frac{m \cdot R_a}{m-1} \cdot I_z \cdot \frac{1}{I_1}$$

Lewa część woltoamperomierza jako **amperomierz** wielozakresowy

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

WOLTOMIERZ WIELOZAKRESOWY



$$I_Z = \frac{U_1}{R_V}$$

$$R_k = \frac{U_k - U_{k-1}}{I_Z}$$

$$R_k = \frac{U_k - U_{k-1}}{U_1} \cdot R_V$$

Napięcie na oporniku R_k to różnica tych napięć. Przez opornik płynie prąd I_Z , tak jak przez każdy opornik tutaj.

4. Omomierze magnetoelektryczne.

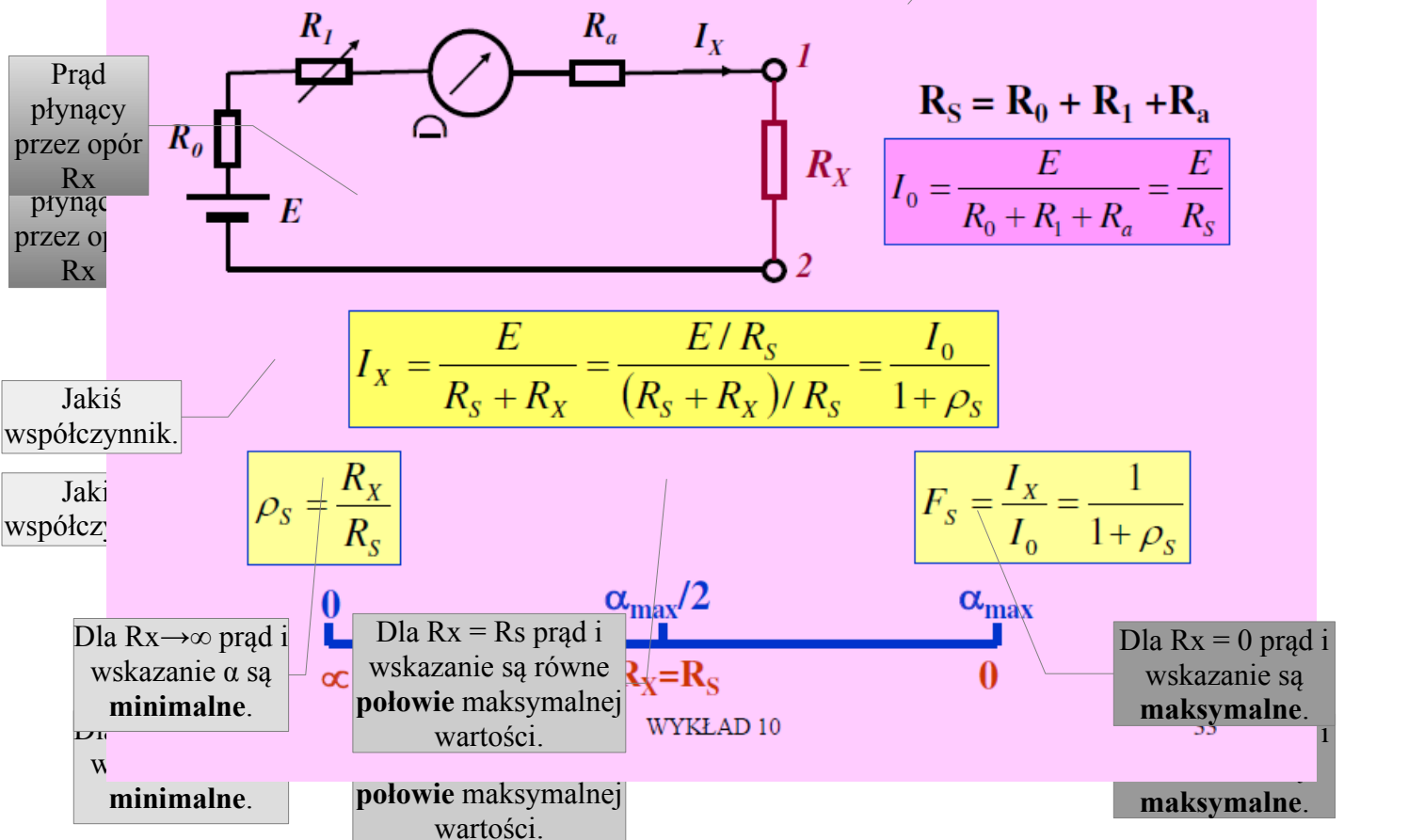
Znane są dwa klasyczne układy omomierzy magnetoelektrycznych:

a) Szeregowy

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

OMOMIERZ SZERELOWY



Odchylenie wskazówki zależy liniowo od prądu I_x :

$$\alpha = S \cdot I_x = \frac{S \cdot E}{R_s + R_x}, \text{ gdzie } S \text{ to pewna stała.}$$

Zauważmy, ile one wyniosą dla trzech charakterystycznych wartości R_x

$$R_x = 0, \quad I = \frac{E}{R} = I_{\max}, \quad \alpha = S \frac{E}{R} = \alpha_{\max}$$

$$R_x = \infty, \quad I = 0, \quad \alpha = 0$$

$$R_x = R, \quad I = \frac{E}{2R} = \frac{I_{\max}}{2}, \quad \alpha = S \frac{E}{2R} = \frac{\alpha_{\max}}{2}$$

Jak stąd wynika, omomierz szeregowy ma **nieliniową podziałkę**. Zakres wskazań jest od zera do nieskończoności, zakres pomiarowy jest (między kropkami) odpowiednio mniejszy. Analiza błędów omomierza prowadzi do wniosku, że najdokładniejsze pomiary będą wykonywane dla R_x porównywalnego z R_s .

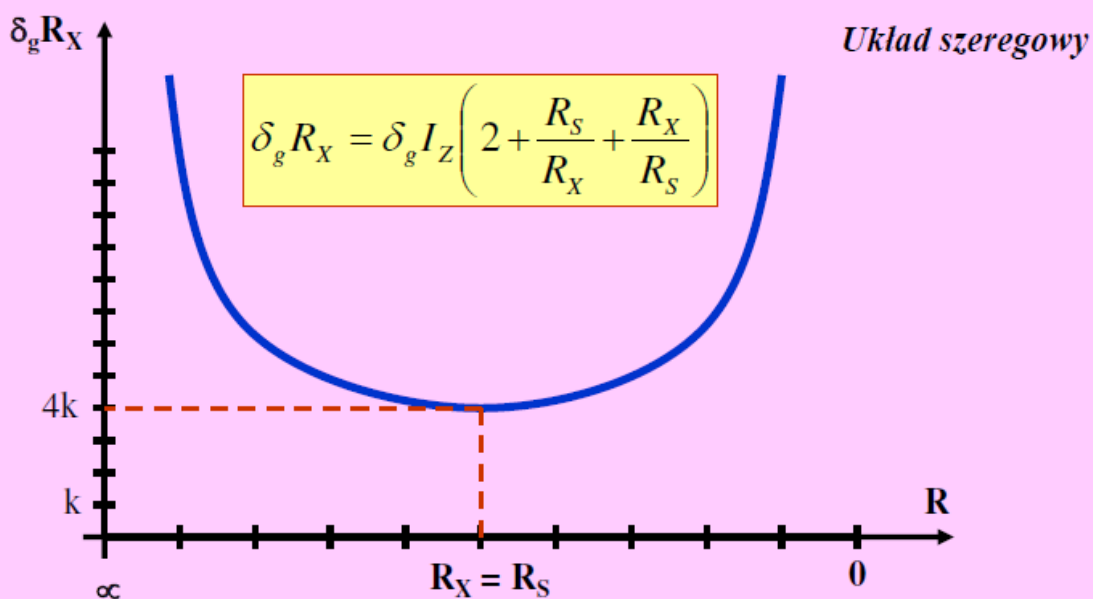
Czasem się zdarza (np. w przypadku nierównomiernej podziałki, bardzo zagęszczonej na początku lub końcu), że wskazania miernika zgodne z jego klasą obejmują tylko wyraźnie wyróżnioną część długości podziałki. Rozróżniamy wtedy zakres wskazań i jego zakres pomiarowy (rys. 2.39). W większości przypadków zakresy te pokrywają się.



Rys. 2.39. Zakres wskazań i zakres pomiarowy

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

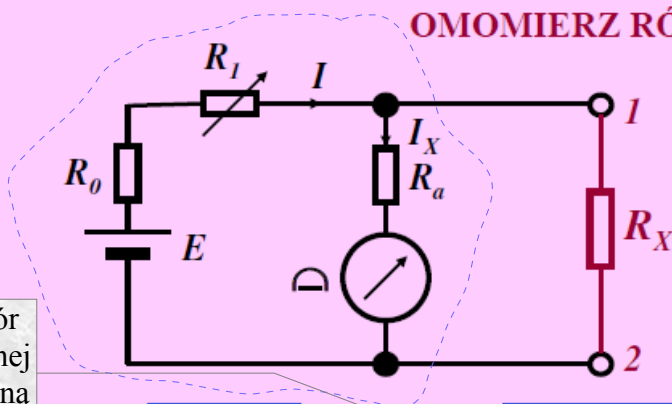
OMOMIERZ MAGNETOELEKTRYCZNY – błąd pomiaru



b) Omomierz równoległy

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

OMOMIERZ RÓWNOLEGLY



Rr to opór zaznaczonej kreskowaną linią części.

$$I = \frac{E}{R_0 + R_1 + R_a R_x / (R_a + R_x)}$$

$$I_x = \frac{I R_x}{R_a + R_x}$$

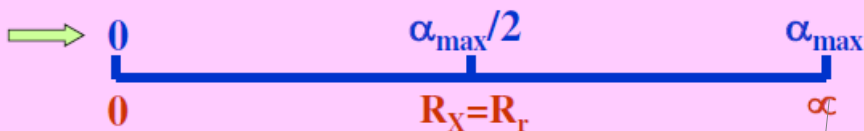
$$I_\infty = \frac{E}{R_s}$$

$$R_r = \frac{R_a (R_0 + R_1)}{R_a + R_0 + R_1}$$

$$\rho_r = \frac{R_x}{R_r}$$

$$F_r = \frac{I_x}{I_\infty} = \frac{1}{1 + 1/\rho_r}$$

W szeregowym było po prostu 1+ps w mianowniku. Dlatego teraz **podziałka będzie odwrotna do szeregowej.**



WYKŁAD 10

Dla R_x w nieskończoności mamy teraz **maksymalne** wskazanie.

Dla $R_x \rightarrow \infty$ mamy:
$$I = \lim_{R_x \rightarrow \infty} \frac{E}{R_d + \frac{R_0 R_x}{R_0 + R_x}} = \frac{E}{R_d + R_0} = I_{max}$$

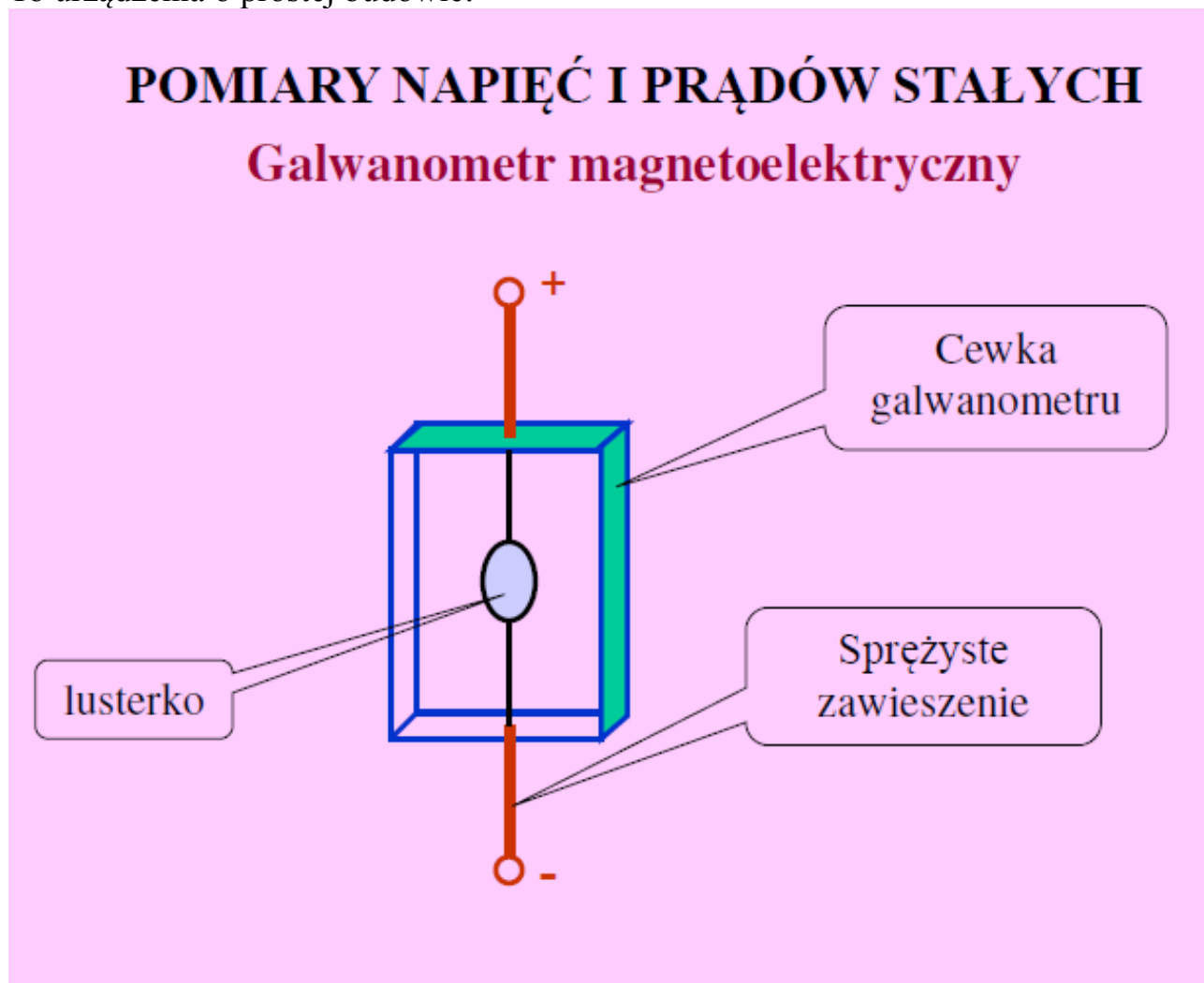
Dla $R_x = R_r$ tak jak w przypadku połączenia szeregowego.

Dla $R_x = 0$
$$I = \frac{E}{R_d + 0} = \frac{E}{R_d} = I_{min}$$

Przed każdym pomiarem za pomocą przyrządów magnetoelektrycznych trzeba zewrzeć ze sobą zaciski wyjściowe i doprowadzić wskazania omomierza do zera. Dokonuje się tego pokrętle z rysunku na początku.

5. Galwanometry

To urządzenia o prostej budowie:



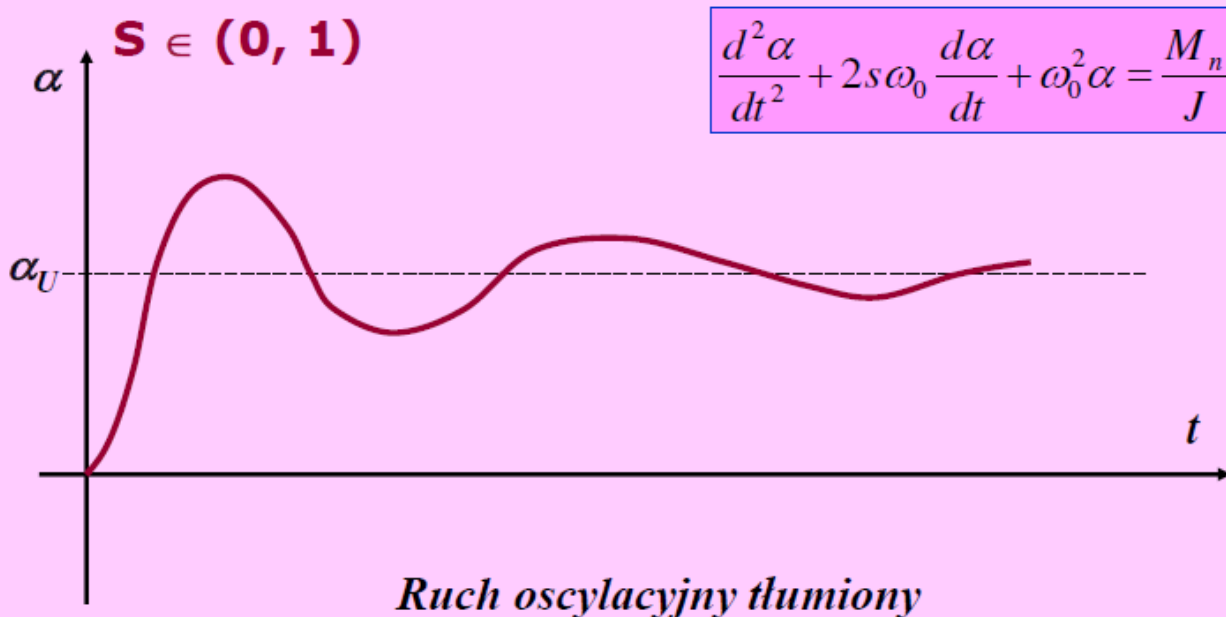
Są używane jako **wskaźnik równowagi** w metodzie kompensacyjnej, a także do pomiaru bardzo małych wartości prądu i napięcia.

Galwanometry mają dość duży okres drgań własnych organu ruchomego – do kilkunastu sekund. Aby czas ustalania się wskazań był jak najkrótszy, konieczne jest uzyskanie **tłumienia krytycznego**.

Stopień tłumienia krytycznego S powinien mieścić się w przedziale $(0;1)$, wtedy przebieg ruchu organu ruchomego przy włączaniu miernika będzie wyglądał tak:

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

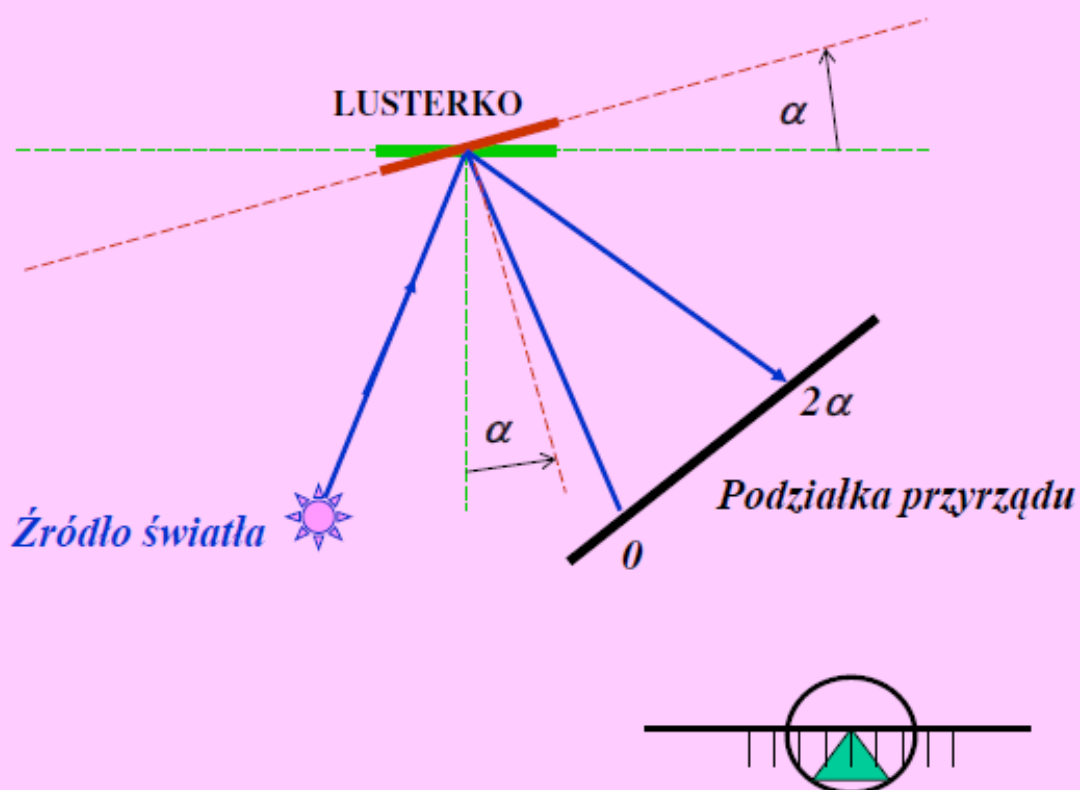
WYKRESY RUCHU



Jak widać, wskaźnik po jakimś czasie ustabilizuje się i będziemy mogli odczytać wskazanie miernika i git gitara!

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

Galwanometr magnetoelektryczny

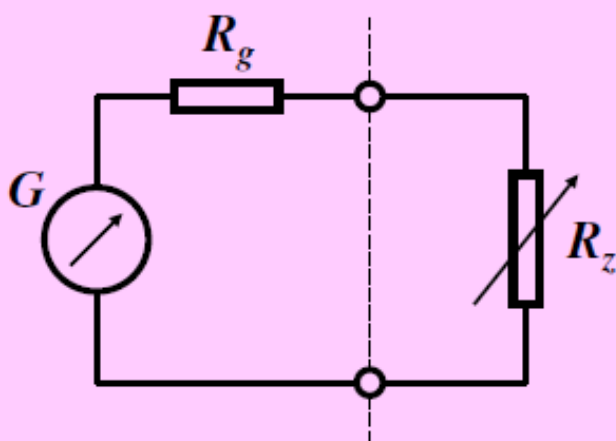


Lusterko jest przymocowane do cewki i obraca się razem z nią zależnie od płynącego przez nią prądu. **Jeżeli przez galwanometr nie płynie prąd, to jest on w równowadze i wskazuje 0.**

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

Galwanometr magnetoelektryczny

Problem tłumienia



$$k_h = \frac{(BSz)^2}{R_g + R_z}$$

$$s = \frac{k_h}{2\sqrt{Jk_z}}$$

$$s = 1 \quad \text{dla} \quad R_z = R_{kr}$$

Metoda kompensacyjna

Należy ona do grupy metod zerowych (porównujemy wartość mierzoną i wzorcową i sprowadzamy do zera ich różnicę. Wówczas następuje bezpośrednie porównanie z wzorcem, a o dokładności pomiaru decyduje dokładność wzorca. Wymaga płynnie regulowalnego wzorca.).

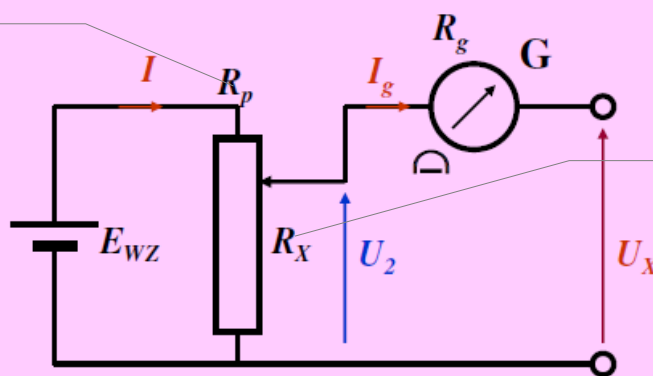
Pomiar SEM kompensacyjnie polega na porównaniu napięcia z napięciem znanego, regulowalnego źródła. Owo źródło powinno mieć małą rezystancję wyjściową (aby dawało w miarę stałe napięcie).

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

Metoda kompensacyjna – zasada pomiaru

R_p to opór całego opornika nastawnego.

Kwintesencja wszystkiego. Wskazanie galwanometra to 0 gdy spadek napięcia na nastawionym oporniku jest równy mierzonej wartości napięcia.



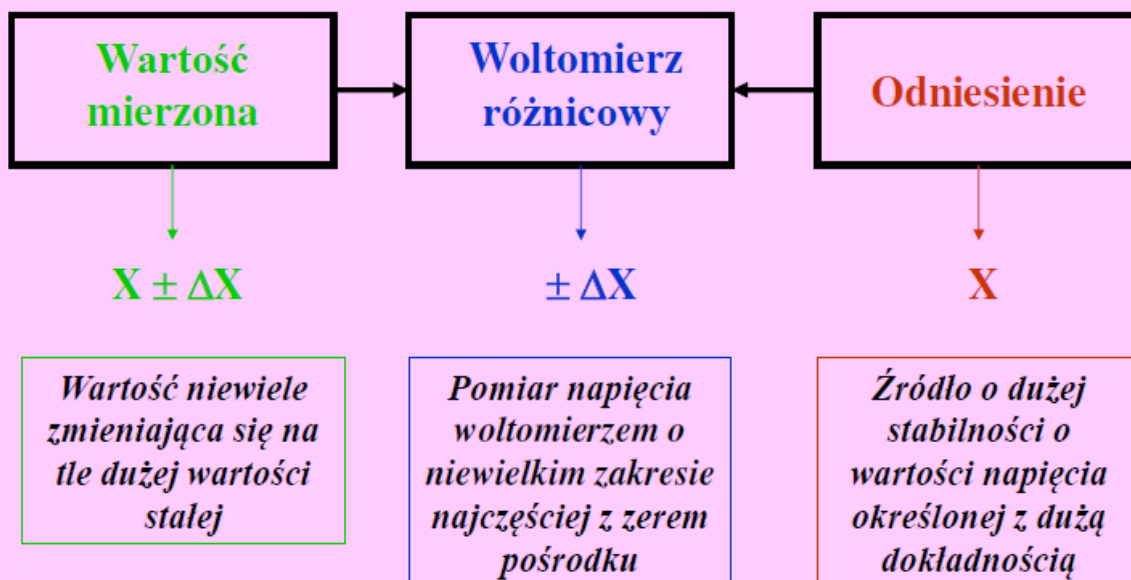
R_x to nastawiony opór, który ma wprowadzić galwanometr G w stan równowagi.

$$I = \frac{E_{wz}}{R_p}; \quad U_2 = I \cdot R_x = E_{wz} \frac{R_x}{R_p}$$

$$I_g = 0, \quad \text{gdy} \quad U_2 = U_X$$

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

Woltomierz różnicowy

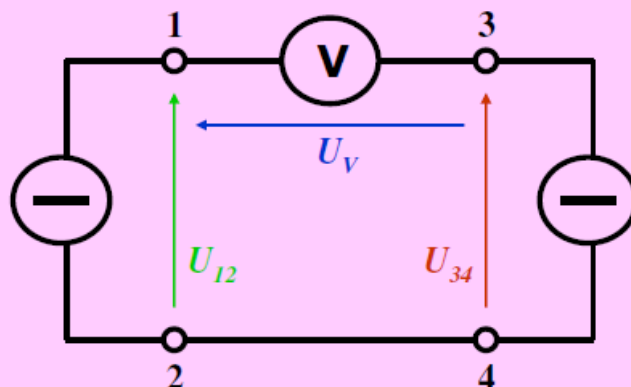


WYKŁAD 10

44

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

Wykorzystanie metody różnicowej do zwiększenia dokładności pomiaru



U_{12} - napięcie mierzone (nieznane)

U_{34} - napięcie odniesienia (dane)

U_V - napięcie wskazane przez woltomierz różnicowy (wynik pomiaru)

$$U_{12} = U_{34} \pm U_V$$

$$\Delta_g U_{12} = \Delta_g U_{34} \pm \Delta_g U_V$$

WYKŁAD 10

45

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

Wykorzystanie metody różnicowej do zwiększenia dokładności pomiaru

PRZYKŁAD:

Mając dane względne błędy graniczne wielkości U_{34} i U_V wyznaczmy względny błąd graniczny pomiaru wielkości U_{12} z wykorzystaniem metody różnicowej.

Zakładamy: $\delta_g U_{34} = 0,01 \%$, $U_{34} = 100 \text{ V}$
 $\delta_g U_V = 1 \%$, $U_V = \pm 1 \text{ V}$

Mamy zatem: $\Delta_g U_{34} = U_{34} \cdot \delta_g U_{34}$
 $\Delta_g U_V = U_V \cdot \delta_g U_V$

Ponieważ $\Delta_g U_{12} = \Delta_g U_{34} + \Delta_g U_V$, więc
 $\Delta_g U_{12} = U_{34} \cdot \delta_g U_{34} + U_V \cdot \delta_g U_V$

POMIARY NAPIĘĆ I PRĄDÓW STAŁYCH

Wykorzystanie metody różnicowej do zwiększenia dokładności pomiaru

Błąd względny:

$$\delta_g U_{12} = \frac{\Delta_g U_{12}}{U_{12}} = \frac{U_{34}}{U_{34} \pm U_V} \cdot \delta_g U_{34} + \frac{U_V}{U_{34} \pm U_V} \cdot \delta_g U_V$$

Podstawiając wartości liczbowe

$$\begin{aligned} \delta_g U_{12} &= \frac{100}{100 \pm 1} \cdot 0,01\% + \frac{1}{100 \pm 1} \cdot 1\% \approx \\ &\approx 1 \cdot 0,01\% + 0,01 \cdot 1\% = \boxed{0,02\%} \end{aligned}$$