

UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY W BYDGOSZCZY
WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ
INSTYTUT EKSPLOATACJI MASZYN I TRANSPORTU
ZAKŁAD STEROWANIA



ELEKTROTECHNIKA I ELEKTRONIKA

ĆWICZENIE: **E4**

POMIAR REZYSTANCJI

Piotr Kolber, Daniel Perczyński
Bydgoszcz 2011

1. Wprowadzenie

Zasadniczą rolę w obwodach elektrycznych odgrywają przewodniki metalowe, z których wykonane są najczęściej zarówno elementy odbiorników, jak i przewody łączące. Właściwość materiału powoduje stratę energii przy przepływie prądu elektrycznego (zamianę jej na ciepło) nazywamy rezystancją materiału (oporem elektrycznym czynnym). Jednostką rezystancji jest om [Ω]. Rezystancja przewodu jest wprost proporcjonalna do jego długości i odwrotnie proporcjonalna do przekroju poprzecznego.

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

gdzie:

R - rezystancja przewodu [Ω],

l - długość przewodu [m],

s - przekrój poprzeczny [m^2],

ρ - rezystywność materiału [Ωm].

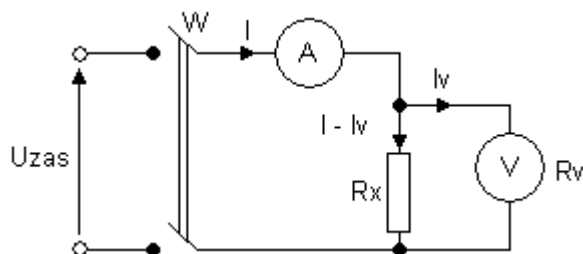
Rezystywność (opór właściwy) to cecha materiału, z którego wykonany jest przewodnik. Oprócz jednostki 1 Ωm stosuje się również ze względów praktycznych jednostkę 1 $\Omega mm^2 m^{-1}$, w której wyraża się rezystancję przewodu o długości 1 m i przekroju poprzecznym 1 mm^2 . Odwrotność rezystywności nazywamy konduktywnością γ .

3. Pomiar rezystancji metodą techniczną

Pomiar rezystancji metodą techniczną odbywa się przy pomocy amperomierza i woltomierza. Zależnie od wielkości mierzonej rezystancji stosuje się układ z poprawnie mierzonym napięciem lub poprawnie mierzonym prądem.

3.1. Układ z poprawnie mierzonym napięciem

Schemat połączeń



R_x – rezystancja mierzona, R_v – rezystancja woltomierza

Dokładny wzór na rezystancję R_x' jest następujący:

$$R_x' = \frac{U}{I - I_v} = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}}$$

Gdy pominiemy prąd pobierany przez woltomierz (możemy pominąć gdy $I \gg I_v$, warunek taki istnieje, gdyż woltomierz ma dużą rezystancję wewnętrzną) otrzymuje się przybliżoną wartość rezystancji R_x

$$R_x = \frac{U}{I}$$

Porównując wzory na R_x i R_x' widzimy, że wartość przybliżona jest zawsze mniejsza od dokładnej. Przy pomiarach technicznych z reguły nie uwzględnia się prądu pobieranego przez woltomierz, stosując wzór przybliżony. Powstaje wówczas uchyb względny określony zależnością

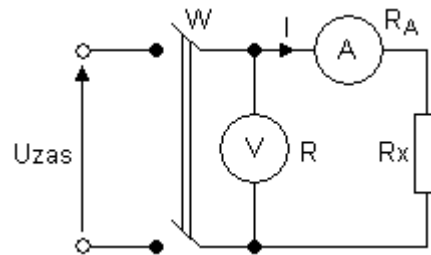
$$\delta = \frac{R_x - R_x'}{R_x'}$$

Ze wzoru tego wynika, że uchyb jest tym mniejszy, im mniejsza jest rezystancja mierzona R_x w stosunku do oporności woltomierza R_v , czyli dokładny pomiar jest wówczas, gdy $R_x \ll R_v$. Układ z poprawnie mierzonym

napięciem stosuje się, więc do pomiaru małych rezystancji (boczników, uzwojeń maszyn prądu stałego i zmiennego, itp.).

3.2. Układ z poprawnie mierzonym prądem

Schemat połączeń



R_A – rezystancja amperomierza

Dokładny wzór na rezystancję R_X' jest następujący:

$$R_X' = \frac{U}{I} - R_A$$

Gdy pominiemy rezystancję amperomierza otrzymamy przybliżoną wartość R_X :

$$R_X = \frac{U}{I}$$

Porównując te dwa ostatnie wzory widzimy, że wartość przybliżona R_X jest zawsze większa od wartości dokładnej R_X' . Przy pomiarach technicznych nie uwzględnia się rezystancji amperomierza, stosując wzór przybliżony.

Powstaje wówczas uchyb względny określony zależnością:

$$\delta = \frac{R_X - R_X'}{R_X'} = \frac{R_A}{R_X - R_A}$$

Widoczne jest, że uchyb jest tym mniejszy, im większa jest rezystancja mierzona R_X w stosunku do rezystancji amperomierza R_A , czyli dokładny

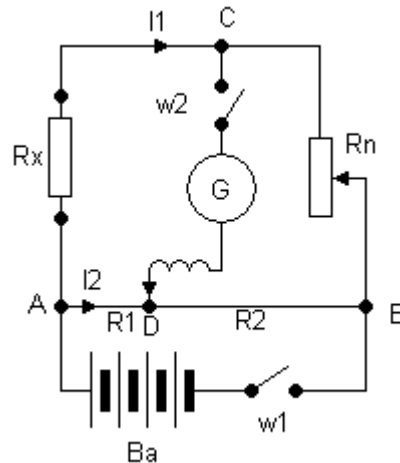
pomiar jest wówczas, gdy $R_x \gg R_A$. Układ z poprawnie mierzonym prądem stosuje się więc do pomiaru dużych rezystancji.

4. Pomiar rezystancji mostkiem WHEATSTONE'A

W zakresie rezystancji od ok. $0,1$ do $10^6 \Omega$ stosuje się mostek Wheatstone'a. Poniżej $0,1 \Omega$ mostek Wheatstone'a daje zbyt duże uchyby, głównie z powodu rezystancji doprowadzeń.

W tym zakresie stosuje się mostek Thomsona.

Schemat mostka Wheatstone'a pokazany jest na rysunku.



G - galwanometr, B - bateria, R_x - rezystor mierzony, R_1 , R_2 - rezystory stosunkowe

Między punktami A i B rozpięty jest drut oporowy, po którym ślizga się suwak, dzieląc oporność drutu na dwie wartości R_1 i R_2 proporcjonalnie do

odcinków AD i DB. Suwak D przesuwa się tak długo, aż galwanometr G wskaże zero. Oznacza to, że przez przekątną CD nie płynie prąd. Jest to stan równowagi mostka.

W stanie równowagi:

$$U_{AC}=U_{AD} \text{ oraz } U_{CB}=U_{DB}$$

A więc:

$$I_1 \cdot R_x = I_2 \cdot R_1$$

$$I_1 \cdot R_n = I_2 \cdot R_2$$

Dzieląc równania stronami otrzymamy:

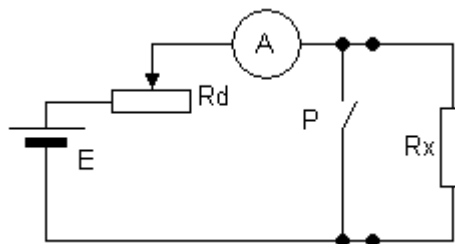
$$\frac{R_x}{R_n} = \frac{R_1}{R_2} \quad \text{czyli} \quad R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_n$$

W praktyce najczęściej stosuje się techniczne mostki Wheatstone'a. Posiadają one wbudowane źródło prądu, najczęściej w postaci płaskiej bateryjki. Suwak D przesuwa się po drucie oporowym, ułożonym na obwodzie koła, przy pomocy pokrętła, którego wskazówka wskazuje na skali od razu stosunek R_1/R_2 . Rezystancję porównawczą dobiera się skokowo przy pomocy wtyczki albo przełącznika, przy czym posiada ona zwykle wartości: 0,1; 1; 10; 100; 1000; itd. Po naciśnięciu przycisku załączającego przyciski w_1 i w_2 obraca się pokrętło tak długo, aż galwanometr wskaże zero, a następnie by otrzymać wartość rezystancji badanej, mnożymy R_n przez nastawiony na skali stosunek R_1/R_2 .

5. Pomiar rezystancji amperomierzem

Poza pomiarem napięcia i prądu mierniki magnetoelektryczne mogą być też stosowane do pomiarów oporności w tzw. układach omomierzy.

5.1. Omomierz szeregowy



Prąd miernika zależy od wartości rezystancji mierzonej R_X , podziałkę miernika można wobec tego wyskalować bezpośrednio w omach.

Gdy przycisk P jest zwarty, a układ zasilany jest z źródła napięciowego E, przez miernik płynie prąd maksymalny I_{\max} .

$$I_{\max} = \frac{E}{R}, \text{ gdzie } R = R_d + R_w$$

Po podłączeniu rezystora R_X płynie prąd I_X :

$$I_{\max} = \frac{E}{R + R_X}$$

stąd

$$\frac{I_X}{I_{\max}} = \frac{R}{R + R_X}$$

I_X odpowiada wychyleniu wskazówki α_X ; I_{\max} odpowiada, zatem wychyleniu α_{\max} , więc

$$\alpha_X = \frac{1}{1 + \frac{R_X}{R}} \cdot \alpha_{\max}$$

Z powyższego wzoru wynika, że podziałka omomierza ma charakter hiperboliczny i dla:

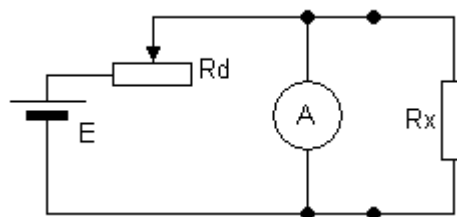
$$R_X=0 \rightarrow \alpha_X=\alpha_{\max}$$

$$R_X=R \rightarrow \alpha_X = \frac{1}{2} \alpha_{\max}$$

$$R_X=\infty \rightarrow \alpha_X=0$$

Rezystor R_d jest regulowany ze względu na możliwość zmiany wartości E w czasie. Omomierz szeregowy jest najdokładniejszy w środkowej części podziałki. Z uwagi na konieczność uzyskiwania możliwie wysokiej dokładności pomiaru, przy różnych wartościach oporności nieznaney, budowane są omomierze wielozakresowe. Pozwalają one na pomiar oporności od 10Ω do około $10M\Omega$. W przypadku omomierzy w miernikach uniwersalnych dokładność pomiaru wyznacza klasa miernika prądu stałego.

5.3. Omomierz równoległy



Omomierz równoległy jest stosowany do pomiaru mniejszych wartości rezystancji od $0,1 \Omega$ do $1k\Omega$. Prąd w ustroju pomiarowym ma największą wartość wówczas, gdy rezystancja mierzona jest nieskończenie wielka (rozwarłe zaciski omomierza).

$$I_{\max} = \frac{E}{R_d + R_w}$$

Gdy $R_X=0$ przez miernik prąd nie płynie, a przy danej wartości R_X płynie prąd o wartości:

$$I_X = \frac{E}{R_w + \frac{R_d}{R_X} \cdot (R_d + R_X)}$$

Dzieląc powyższe dwa równania stronami otrzymamy:

$$\frac{I_X}{I_{\max}} = \frac{\alpha_X}{\alpha_{\max}} = \frac{1}{1 + \frac{R}{R_X}}, \quad \text{gdzie } R = \frac{R_w \cdot R_d}{R_w + R_d}$$

Tak, więc podziałka omomierza równoległego ma także charakter hiperboliczny. Kierunek wzrostu oporności jest tutaj zgodny z kierunkiem wzrostu podziałki miliamperomierza.

6. Pomiar laboratoryjne

1. Pomiar rezystancji metodą techniczną.

- a) połączyć układ z poprawnie mierzonym napięciem wg punktu 3.1 i wykonać pomiary wszystkich oporników R_X .
- b) połączyć układ z poprawnie mierzonym prądem wg punktu 3.2 i wykonać pomiary wszystkich oporników R_X .
- c) obliczyć wartości dokładne rezystancji R_X oraz przybliżone R_X wg odpowiednich wzorów. Obliczyć uchyby wynikłe ze stosowania wzorów przybliżonych. Wyniki pomiarów i obliczeń umieścić w tablicy.

| Lp. | U | I | R_A | R_V | R_X' | R_X | δ |
|-----|---|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| | V | A | Ω | Ω | Ω | Ω | % |
| 1. | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | |

2. Pomiary mostkiem Wheatstone'a. - Pomierzyć wartości badanych rezystorów technicznym mostkiem Wheatstone'a.
3. Pomiary omomierzem szeregowym w mierniku uniwersalnym.
4. Porównać wyniki pomiarów uzyskanych wszystkimi metodami.
Wyciągnąć wnioski, co do dokładności pomiarów.
5. Podać numery i dane przyrządów użytych do pomiarów.

Literatura

- J. Gąszczak, Z. Orzeszkowski „Podstawy miernictwa elektrycznego”
 S. Lebson. „Podstawy miernictwa elektrycznego”
 S. Lebson, J. Kaniewski „Pomiary elektryczne”
 F. Przeździecki „Elektrotechnika i elektronika”