

Misura di una resistenza elettrica con il metodo volt-amperometrico

Strumenti a disposizione: alimentatore in CC (0-32 V), 0-800 mA)
 2 multimetri analogici ICE di classe I
 resistenze da 250 mW
 basetta sperimentale

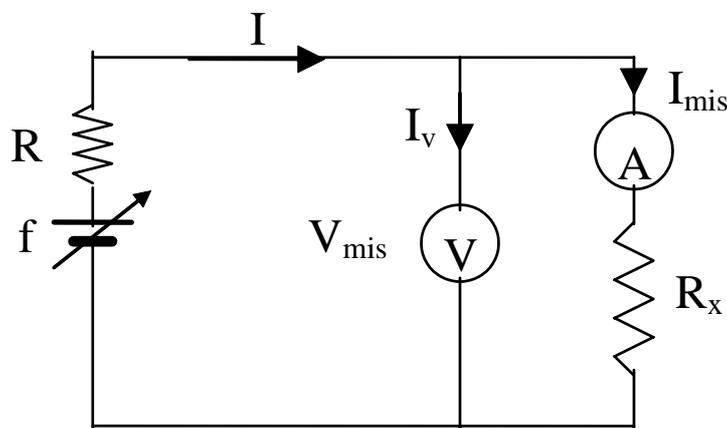
Si ricordano innanzitutto le seguenti caratteristiche dei multimetri a disposizione:

- sensibilità amperometrica o inverso della corrente massima $1/I_{\max} = 20 \text{ k}\Omega/\text{V}$, da cui si ricava che la resistenza interna del voltmetro r_V è pari a $20 \cdot V_{f.s.} \text{ k}\Omega$ (ad es. $r_V = 40 \text{ k}\Omega$ per il fondo scala 2 V);
- la resistenza interna r_A dell'amperometro è pari a $2 \text{ k}\Omega$ per il fondo scala $50 \mu\text{A}$, 588Ω per il fondo scala $500 \mu\text{A}$; per gli altri fondo scala si tenga presente che la resistenza interna è data da $(320 \text{ mV}) / I_{f.s.}$ (quindi $r_A = 64 \Omega$ per il fondo scala 5 mA, 6.4Ω per il fondo scala 50 mA, ecc.).

I CASO: MISURA DI UNA RESISTENZA INCOGNITA DI VALORE NOMINALE $R_x > 10 \text{ k}\Omega$.

Prima parte: misura della resistenza con voltmetro a "monte" dell'amperometro.

Si scelga una resistenza di valore nominale $R_x > 10 \text{ k}\Omega$ e si costruisca il circuito in figura (configurazione con voltmetro a "monte" dell'amperometro), dove R è un resistore posto in serie al generatore per limitare la corrente nel circuito in modo da evitare che nei resistori sia dissipata una potenza $W = I^2 R$ superiore a 250 mW.



Si fissi la portata del voltmetro a 2 V in modo che la resistenza interna del voltmetro non sia molto maggiore di quella incognita e quindi venga messa in evidenza dalle misure la perturbazione introdotta; si fissi di conseguenza la portata dell'amperometro. Non cambiare le portate durante tutta l'esperienza in modo che siano costanti le rispettive resistenze interne r_V e r_A .

Si vari la f.e.m. f del generatore (in modo però che la potenza dissipata nel resistore $W = I^2 R_x$ non superi 250 mW) e si riportino in tabella ed in grafico le coppie di valori V_{mis} ed I_{mis} misurati (almeno 10 misure affette tutte dagli errori di sensibilità dell'amperometro ΔI_{mis} e del voltmetro ΔV_{mis}). Per aumentare il numero di misure e per poter esplorare una regione più ampia, utilizzare, quando necessario, il tasto x2: tale operazione non modifica tuttavia la resistenza interna dei multimetri.

Si osservi che:

$$V_{mis} = I_{mis} (r_A + R_X) = I_{mis} R_{equiv}$$

R_{equiv} è la resistenza equivalente della serie R_X, r_A e quindi è maggiore di R_X ; ne consegue che il rapporto V_{mis} / I_{mis} è una sovrastima del valore incognito R_X dovuta al fatto che la corrente misurata è effettivamente quella che passa nell'ampmetro mentre la tensione misurata è quella ai capi della serie amperometro+resistenza incognita.

Si esegua la regressione lineare non pesata:

$$V_{mis} = A + B \cdot I_{mis}$$

Determinare quindi le stime $A \pm \sigma_A$ e $B \pm \sigma_B$

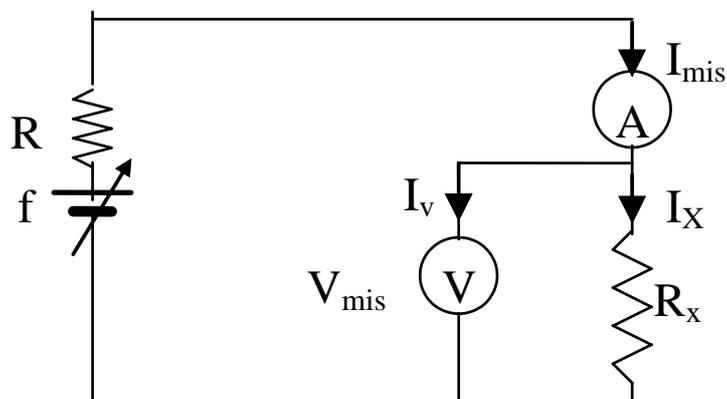
Determinare infine il valore della resistenza incognita con il suo errore statistico, utilizzando la relazione fra R_X e B:

$$R_X = B - r_A \quad \sigma_{R_X} = \sigma_B$$

avendo supposto trascurabile l'errore su r_A .

Seconda parte: misura della resistenza con voltmetro a "valle" dell'ampmetro.

Si modifichi la posizione degli strumenti come in figura (configurazione con voltmetro a "valle" dell'ampmetro).



Si proceda allo stesso modo della prima parte e si raccolgano al variare di f almeno 10 coppie di valori (V_{mis}, I_{mis}).

Si osservi che in questo caso:

$$V_{mis} = I_X \cdot R_X = \frac{I_{mis} r_V}{R_X + r_V} \cdot R_X = I_{mis} R_{equiv}$$

R_{equiv} è la resistenza equivalente del parallelo R_X, r_V e quindi è minore di R_X ; ne consegue che il rapporto V_{mis} / I_{mis} è una sottostima del valore incognito R_X dovuta al fatto che la tensione misurata è effettivamente quella ai capi della resistenza incognita mentre la corrente misurata è la somma di quella che attraversa l'ampmetro e quella che attraversa il voltmetro.

Si esegua la regressione lineare non pesata:

$$V_{mis} = A + B \cdot I_{mis}$$

Determinare le stime $A \pm \sigma_A$ e $B \pm \sigma_B$

Determinare infine il valore della resistenza incognita con il suo errore statistico, utilizzando la relazione fra R_x e B :

$$R_x = \frac{B \cdot r_V}{r_V - B}$$

$$\sigma_{R_x} = \frac{r_V^2}{(r_V - B)^2} \sigma_B$$

avendo supposto trascurabile l'errore su r_V .

Terza parte: confronto dei valori ottenuti e media pesata.

Si riportino i punti sperimentali e le rette di "best fit" sullo stesso grafico. Le diverse pendenze delle rette stanno a significare una sottostima e una sovrastima dei valori di R misurati rispetto al valore vero di R , che corrisponderebbe ad una retta (cioè caratteristica volt-amperometrica) di pendenza intermedia fra le due.

Si confrontino i due valori R_{X1} e R_{X2} ottenuti nelle due configurazioni del circuito.

Se sono compatibili entro gli errori (eseguire il test calcolando la discrepanza) determinare la media pesata per una migliore stima di R_x :

$$R_x = \frac{w_1 R_{X1} + w_2 R_{X2}}{w_1 + w_2}$$

$$\sigma_{R_x} = (w_1 + w_2)^{-\frac{1}{2}}$$

$$w_1 = (\sigma_{R_{X1}})^{-2}$$

$$w_2 = (\sigma_{R_{X2}})^{-2}$$

**II CASO:
MISURA DI UNA RESISTENZA INCOGNITA
DI VALORE NOMINALE $R_x < 1 \text{ k}\Omega$.**

Si scelga stavolta una resistenza il cui valore nominale sia $R_x < 1 \text{ k}\Omega$ e si fissi la portata dell'amperometro a $500 \mu\text{A}$. Per facilitare le misure e per limitare la corrente affinché la potenza dissipata nei singoli resistori sia sempre inferiore a 250 mW , scegliere per il resistore in serie un valore nominale dell'ordine di qualche $\text{k}\Omega$. Si fissi di conseguenza la portata del voltmetro. Non cambiare le portate durante tutta l'esperienza in modo che siano costanti le rispettive resistenze interne r_A e r_V . In questo caso la resistenza interna dell'amperometro non è molto inferiore a quella incognita e quindi viene messa in evidenza dalle misure la perturbazione introdotta.

Si proceda come nel primo caso con le due configurazioni a "monte" ed a "valle".