

Verifica della resistenza totale di due resistenze in serie o in parallelo con il Ponte di Wheatstone

Vincenzo Chieffalo

Sommario

Presento le misure di resistenze incognite effettuate utilizzando il Ponte di Wheatstone a filo disteso.

1 Cenni teorici

Il Ponte di Wheatstone è costituito da un quadrupolo che presenta un resistore per ogni suo lato; i due morsetti A e B sono collegati ad una pila P avente una f.e.m. dell'ordine dei volt, e gli altri due, C e D, ad un amperometro a zero centrale, o ad un galvanometro. La resistenza incognita da misurare R_x viene inserita tra i punti C e B, mentre la resistenza R è nota. Le altre due resistenze R_1 e R_2 , possono essere realizzate in due modi: con delle cassette di resistenze fisse, da cui il nome di Ponte di Wheatstone a cassetta, o con un filo calibrato di sezione S e lunghezza $l = 1m$, denominato Ponte di Wheatstone a filo (vedi fig.1).

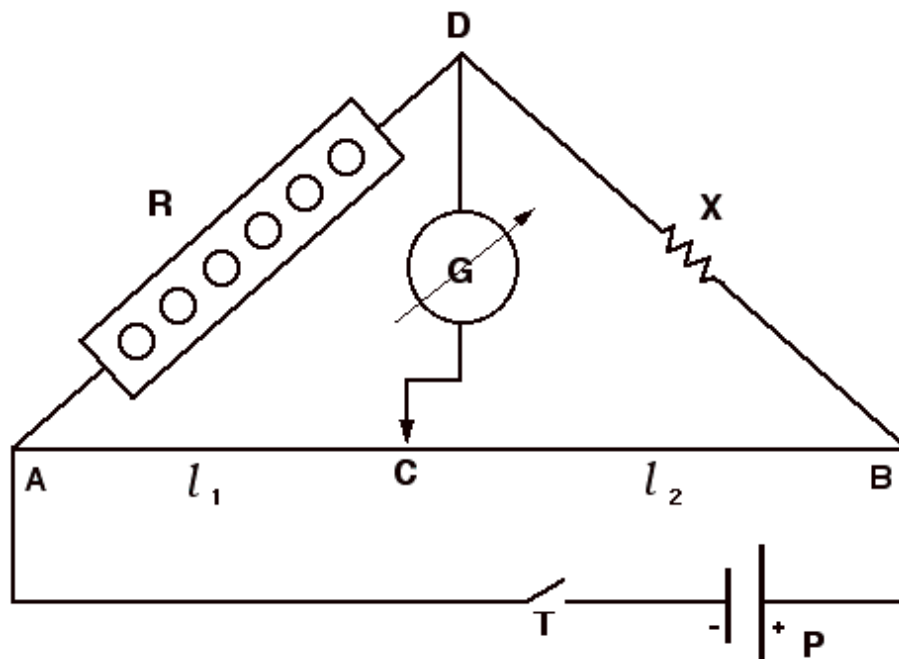


Fig.1

Per poter misurare la resistenza incognita bisogna fare in modo che, una volta chiuso il tasto T, non si verifichi il passaggio di corrente nell'amperometro o nel galvanometro inserito, infatti in tal caso i morsetti C e D saranno al medesimo potenziale ed il ponte sarà in equilibrio.

Nel caso del ponte a filo, che è quello preso in esame, essendo: $R = \rho \frac{l}{S}$ si ha che:

$$R = R_1 + R_2 = \rho \frac{l}{S}$$

ed è quindi possibile variare R_1 e R_2 muovendo il cursore lungo AB.

Premesso ciò, nelle condizioni di equilibrio si otterrà che: $i = i_x$ e $i_1 = i_2$, avendo di conseguenza:

$$\begin{cases} iR = i_1R_1 = i_2R_2 \\ iR_x = i_xR_x = i_2R_2 \end{cases}$$

da cui

$$\frac{R}{R_x} = \frac{R_1}{R_2}$$

e risolvendo per R_x si ha:

$$R_x = R \frac{R_2}{R_1} \quad (1)$$

e, trattandosi di un filo calibro, la determinazione del rapporto tra le resistenze è riconducibile a quello delle lunghezze dei due tratti del filo, per cui la (1) può essere scritta come:

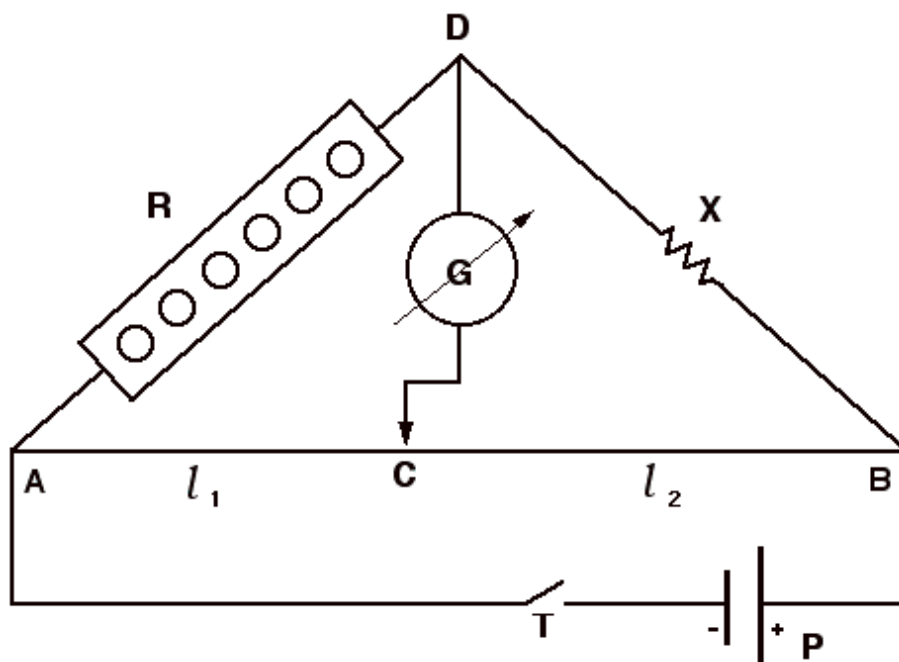
$$R_x = R \frac{l_2}{l_1} \quad (2)$$

Con questo metodo, utilizzando il galvanometro come un rivelatore a zero centrale di grande sensibilità, si può arrivare a misure di notevole precisione.

Il circuito forma una rete con sei rami e quattro nodi e, attraverso una analisi elettrica del ponte effettuata su tre maglie indipendenti si può verificare che il ponte è in equilibrio quando non passa corrente nel galvanometro, cioè nel caso in cui $i_g = 0$, condizione soddisfatta solo se è verificata $R_xR_1 = R_2R$.

2 Apparato sperimentale

L'esperimento è stato eseguito realizzando il sottostante circuito:



Il circuito è stato alimentato da una pila P, la quale ha svolto il ruolo di generatore di f.e.m.; per la regolazione di R è stata utilizzata una cassetta di resistenze predisposta per l'esperienza.

Gli strumenti utilizzati per verificare lo stato di equilibrio del ponte sono stati un amperometro a zero centrale a scala variabile e un galvanometro.

Gli altri due elementi del circuito sono il tasto T, che permette la chiusura del circuito, e due resistenze incognite di cui si deve effettuare la misura.

Le caratteristiche degli strumenti sopra citati sono riportati in tabella:

Tabella 1

	Milliamperometro (mA)	Microamperometro (μA)
Fondo scala	$1mA$	$50\mu A$
Tacche	100	100
Classe di precisione	1,5	1,5

Tabella 2

	Filo	Galvanometro	Cassetta resistenze
Sensibilità di lettura	$1mm$	$4 * 10^{-8}A$	0,10
$\varepsilon_{c.p.}$	/	/	0,0180

L'errore legato alla classe di precisione dello strumento è dato dalla formula:

$$\varepsilon_{c.p.} = \frac{c.p. * f.s.}{100}$$

si può quindi determinare, dove possibile l'errore totale relativo alle misure effettuate con gli strumenti in dotazione, sulla base di quanto riportato nelle tabelle 1 e 2.

L'errore totale si calcola dalla formula:

$$\varepsilon_{tot} = \sqrt{\varepsilon_{c.p.}^2 + \varepsilon_I^2}$$

per cui riporto in tabella tale errore:

Tabella 3

	ε_{tot}
Milliamperometro (mA)	$0,01803 * 10^{-3} A$
Microamperometro (μA)	$2.136 * 10^{-6} A$
Sensibilità galvanometro	$4 * 10^{-8} A$
Filo	$0,001m$
Cassetta resistenze	$0,1016O$

3 Descrizione dell'esperimento

Inizialmente si è montato il circuito in figura verificando che le relative connessioni corrispondessero; successivamente ho verificato che la pila in dotazione all'esperimento fosse carica tramite un multimetro digitale e infine ho acceso l'impianto per permettere il funzionamento del galvanometro.

Per prima cosa ho inserito l'amperometro a zero centrale con la scala ($0 \div \pm 1mA$), potendo così iniziare con una grossolana misura la condizione di equilibrio; successivamente ho portato il cursore C al centro del filo in modo da avere $l_1 \approx l_2$, ho dato un valore a caso R alla cassetta di resistenze e, abbassando T ho verificato un passaggio di corrente. Trovato il valore di R per cui l'amperometro non segnava passaggio di corrente ho cambiato la scala dell'amperometro portandolo a ($0 \div \pm \mu A$) in modo da migliorare la precisione e abbassando T ho trovato il nuovo valore di R. Ho disconnesso l'amperometro e ho connesso il galvanometro in modo da avere una misura più accurata di R, migliorando di volta in volta la sensibilità da X.001, X.01, X.1, X1, fino a DIRECT.

Questo procedimento l'ho utilizzato per misurare le due resistenze incognite e per misurare le due resistenze in serie e in parallelo.

Avendo avuto tempo, ho potuto variare il cursore della posizione $l_2 \approx l_1$, pur sapendo che era la posizione consigliata, e ho cercato i valori di una delle due resistenze, al variare del rapporto tra le lunghezze dei due fili.

4 Analisi dati

Riporto i valori che ho trovato seguendo la procedura sopra citata:

Tabella 4

R_1	
$R \pm 0.1O$	Precisione
45.6	$1mA$
45.6	$50\mu A$
46.6	$X.001$
47.1	$X.01$
47.4	$X.1$
46.3	$X1$
46.4	<i>DIRECT</i>

Tabella 5

R_2	
$R \pm 0.1O$	Precisione
1000	$1mA$
1000	$50\mu A$
1000	$X.001$
1000	$X.01$
1000	$X.1$
986	$X1$
986	<i>DIRECT</i>

Tabella 6

$R_1 + R_2$	
$R \pm 0.1O$	Precisione
1032.4	$1mA$
1032.4	$50\mu A$
1032.4	$X.001$
1032.4	$X.01$
1032.4	$X.1$
1032.4	$X1$
1032.4	<i>DIRECT</i>

Tabella 7

$\frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$	
$R \pm 0.1O$	Precisione
44.3	$1mA$
44.3	$50\mu A$
44.3	$X.001$
44.3	$X.01$
44	$X.1$
44	$X1$
44.1	<i>DIRECT</i>

Il valore cercato sarà dato dalla (2), ed essendo il rapporto tra le due lunghezze pari ad uno, si sono ottenuti i seguenti risultati riportati, con relativi errori:

	Wheatstone	Tester	Teorico
R_{x1}	$46.4 \pm 0.1O$	46.6 ± 0.5	/
R_{x2}	986 ± 0.1	986 ± 0.5	/
Serie	1032.4 ± 0.1	/	1032.4 ± 0.1
Parallelo	44.1 ± 0.1	/	44.3 ± 0.1

Come si può notare in tabella sono stati inseriti anche i valori rilevati con un multimetro digitale per quanto riguarda R_{x1} e R_{x2} , con i corrispettivi errori.

Come già enunciato, avendo avuto altro tempo, ho preso delle misure di R_2 variando il rapporto l_2/l_1 , qui di seguito riporto i dati:

$L_1 = 55cm$		$L_2 = 55cm$	
R_2		R_2	
R $\pm 0.1O$	Precisione	R $\pm 0.1O$	Precisione
1000.4	$1mA$	806	$1mA$
1000.4	$50\mu A$	806	$50\mu A$
1201	$X.001$	806	$X.001$
1201	$X.01$	806	$X.01$
1201	$X.1$	806	$X.1$
1202	$X1$	807	$X1$
1202	<i>DIRECT</i>	807	<i>DIRECT</i>

Se questi nuovi valori di R_2 li sostituisco nella (2), trovo:

$l_1 = 55cm$	$l_2 = 55cm$
R_{x2}	R_{x2}
983.4 ± 0.1	986.3 ± 0.1

5 Conclusioni

La misura di resistenze singole, in serie ed in parallelo è stata abbastanza soddisfacente, in alcuni casi anche in accordo con le aspettative teoriche (la misura delle resistenze in parallelo coincide con il valore teorico), sicuramente la precisione di queste misure è data molto dalla classe di precisione degli strumenti di misura utilizzati, infatti nelle precedenti esercitazioni fatte in laboratorio avevo preso le misure con un amperometro a zero centrale di classe di precisione 2.5 trovando molte discordanze con le misure teoriche (soprattutto con resistenze in serie e in parallelo).

Per quanto riguarda la piccola variazione di l_1/l_2 , le due misure fatte confermano la validità della (2) per valori di l_1/l_2 prossimi ad 1, infatti i valori trovati di R_{x2} sono molto vicini al valore trovato con $l_1 = l_2$. Non ho potuto variare oltre le due lunghezze a causa del tempo, ma nelle precedenti esercitazioni avevo già osservato l'andamento della (2), tralaltro graficandola in funzione del rapporto l_1/l_2 confermando a pieno la validità della legge per $l_1 \approx l_2$.

6 Bibliografia

P.Mazzoldi, M.Nigro, C.Voci, Fisica volume II, EdiSES, Napoli, 2003.
A.Foti, C.Giannino, Elementi di analisi dei dati sperimentali, Liguori Editore, Napoli, 1999

Prof. N.Arena, Appunti nel corso di laboratorio II, Catania, A.A.2003-2004
R.Ricamo, Guida alle sperimentazioni di fisica II, Casa Editrice Ambrosiana,
Milano,1969.