

Misurazione di resistenza con il metodo voltamperometrico

traccia delle operazioni da svolgere in laboratorio

1 Considerazioni generali

Il metodo voltamperometrico consente di misurare la resistenza elettrica tramite le misurazioni di tensione e corrente presenti ai capi del misurando. In questa esercitazione il misurando è costituito da un resistore a strato metallico le cui caratteristiche sono riportate nella sezione 9 di questa dispensa. Le misurazioni dovranno essere ripetute per due o tre dei quattro resistori disponibili e per ogni misurazione dovrete:

- analizzare i vari effetti sistematici (essenzialmente carico strumentale, resistenze di contatto, autoriscaldamento) e, se possibile, renderli trascurabili;
- scegliere la connessione (monte/valle) e la tensione di alimentazione;
- realizzare il circuito;
- eseguire le misurazioni (riportando i dati grezzi);
- correggere (se è il caso) gli effetti sistematici;
- calcolare e dichiarare la misura della resistenza e lo stato del misurando.

Le incertezze che per ogni misurazione dovrete valutare sono:

- le incertezze strumentali e di lettura;
- l'incertezza dovuta all'effetto del carico strumentale;
- l'incertezza dovuta ai cavi e ai contatti;
- l'incertezza dovuta all'autoriscaldamento;
- l'incertezza intrinseca del misurando (essenzialmente legata alla temperatura ambiente).

Gli strumenti che impiegherete sono delicati e devono quindi essere maneggiati con cura. In particolare:

- prestate particolare attenzione alla scelta della portata del tester; se lo sovraccaricate si potrebbe danneggiare l'equipaggio mobile. Controllate l'ampiezza della tensione erogata dal generatore PRIMA di collegare il generatore al circuito.
- gli amperometri se collegati come voltmetri si danneggiano istantaneamente.

2 Utilizzo del tester e del multimetro

Questa prima sezione è dedicata all'uso del tester e del multimetro impiegati per eseguire misure di tensione e corrente.

2.1 Operazioni preliminari

Accendete e regolate l'alimentatore affinché eroghi una tensione di circa 12 V e non possa erogare oltre 1 A.

2.2 Uso del tester per eseguire misurazioni di tensione

D1. Scegliete la portata V_p del tester più idonea a misurare la tensione dell'alimentatore. $V_p =$.

D2. Calcolate la resistenza interna R_v usando il coefficiente C_v riportato sul pannello frontale del tester (la resistenza vi servirà nelle successive misurazioni). $C_v =$ $R_v =$.

D3. Collegare il tester all'uscita dell'alimentatore. Leggete le divisioni $L_v =$.

D4. Calcolate la costante di taratura (quella che indica il valore di ogni divisione) sulla base della portata V_p e del numero di divisioni a fondo scala N_{fs} . $N_{fs} =$ $K_v =$.

D5. Calcolate il valore di misura $V =$.

Calcolate ora l'incertezza.

D6. Usate il manuale per trovare l'indice di classe dello strumento $CL_v =$

D7. Sulla base della portata calcolate l'incertezza strumentale $\delta^S V =$

D8. Calcolate l'incertezza dovuta alla lettura $\delta^L V$ supponendo un'incertezza di lettura $\delta L = 1/2$ div.

D9. Calcolate infine l'incertezza complessiva e dichiarate la misura $V =$

2.3 Uso del multimetro per eseguire misurazioni di tensione

Misurate ora la tensione erogata dall'alimentatore utilizzando il multimetro. Collegate il multimetro all'alimentatore.

D10. Portata (lo strumento sceglie automaticamente la più idonea; cercate sul manuale le portate dello strumento) $V_p =$

D11. Resistenza interna (manuale) $R_v =$

D12. Lettura (la lettura è espressa in volt) $V =$

D13. Cercate sul manuale i coefficienti della formula binomia in base alla portata impostata e al tempo trascorso dall'ultima taratura $X_{lettura} \% =$ $Y_{portata} \% =$

D14. Calcolate l'incertezza strumentale $\delta^S V =$

D15. Valutate la risoluzione di lettura $\delta^R V =$

D16. Dichiarate la misura $V =$

D17. Disegnate il diagramma di compatibilità delle misure ottenute con tester e multimetro.

2.4 Uso del tester per eseguire misurazioni di corrente

Collegate il resistore da $1\text{ k}\Omega$ all'alimentatore. Stimate la corrente che attraversa il resistore $I_{stim} =$ e scegliete la portata del tester più adatta $I_p =$.

Successivamente configurate il tester per misurare la corrente con la portata scelta e inseritelo in serie al resistore.

ATTENZIONE Un errore nella scelta della portata può danneggiare lo strumento. Il tester configurato per misurare correnti si danneggia se collegato in parallelo all'alimentatore. Prestate dunque la massima attenzione. Se avete dei dubbi chiedete assistenza prima di collegare lo strumento.

Procedete ora come per le misurazioni di tensione:

D18. Eseguite la lettura (in divisioni) e scollegate lo strumento $I =$

D19. Calcolate la costante di taratura tramite I_p e N_{fs} $C_i =$

D20. Calcolate il valore della corrente misurata $I =$

D21. Cercate sul manuale la classe $CL_i =$

D22. Calcolate l'incertezza strumentale $\delta^S I =$

D23. Calcolate l'incertezza dovuta alla lettura ipotizzando un'incertezza di lettura $\delta L = 1/2$ div $\delta^L I =$

D24. Calcolate e dichiarate la misura $I =$

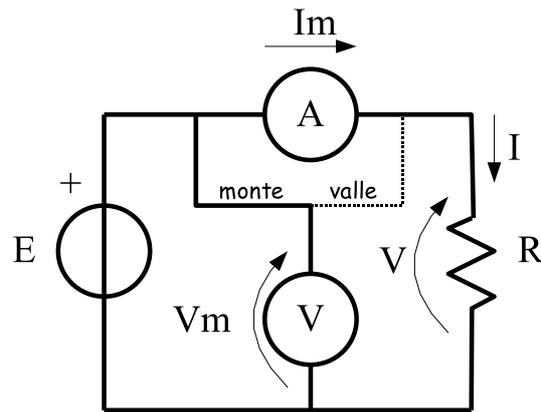
3 Misurazione della resistenza $R=10\text{ k}\Omega$ (Misurazione #1)

Per questa misurazione utilizzate il multimetro numerale come voltmetro e il tester come amperometro.

Annotate il numero identificativo riportato sulla vostra cassetta di resistenze $R_{\text{-box}} =$

Lo schema elettrico da realizzare è quello riportato in figura. Il voltmetro può essere collegato a monte o a valle dell'amperometro. La scelta sarà fatta sulla base dell'errore dovuto al consumo degli strumenti.

D25. Sulla base delle caratteristiche degli strumenti, stimate (approssimativamente) la migliore incertezza con cui si può misurare la resistenza; vi servirà come base di partenza per scegliere la tensione di alimentazione



e il tipo di inserzione. Potete, ad esempio, ipotizzare che voltmetro e amperometro lavorino a fondo scala, in questo caso l'incertezza attesa delle misure di resistenza vale $\delta R =$.

D26. Sulla base della risposta del punto precedente calcolate la massima tensione applicabile al resistore in modo da rendere trascurabile l'effetto dell'autoriscaldamento (seguite la traccia riportate in fondo alla dispensa).

$E <$

D27. Scegliete la tensione di alimentazione cercando di far funzionare gli strumenti a fondo scala (in particolare quello meno accurato). $E =$

D28. Calcolate (approssimativamente) la tensione e la corrente che vi aspettate di misurare. $V =$

$I =$

D29. Calcolate (approssimativamente) l'incertezza attesa (attesa perchè le misure non le avete ancora fatte; questi numeri servono solo per decidere il tipo di inserzione) delle misure di voltmetro e dell'amperometro.

$\delta V =$ $\delta I =$

D30. Usando i manuali riportate le resistenze interne dei due strumenti $R_V =$ $R_A =$

D31. Calcolate l'effetto dei consumi con voltmetro a monte e a valle $\epsilon_{CV} =$ $\epsilon_{CA} =$

D32. Decidete dove inserire il voltmetro Voltmetro a perchè

Potete ora realizzare il circuito servendovi dei cavi disponibili nel banco.

IMPORTANTE: PRIMA DI ALIMENTARE il circuito chiede all'assistente di laboratorio di controllarlo.

Durante la misurazione riportate la lettura del tester in divisioni e quindi calcolate il valore di misura con la costante di taratura.

D33. Lettura amperometro $L_i =$, cost. di taratura $C_i =$, corrente $I =$

D34. Lettura voltmetro $V =$

D35. Incertezza strumentale e di lettura $\delta^S V =$ $\delta^L V =$

D36. Incertezza strumentale e di lettura della corrente $\delta^S I =$ $\delta^L I =$

D37. Misurate la temperatura ambiente e valutatene l'effetto sull'incertezza di misura (vi serviranno le formule riportate nella sezione dedicata all'autoriscaldamento) $T_a =$ $\delta^T R =$

D38. Misura della resistenza del resistore da $10\text{ k}\Omega$ $R_{10k}^I =$ alla temperatura $T_a =$

4 Misurazione della resistenza $R=10\text{ k}\Omega$ (Misurazione #2)

Ripetete la misurazione usando il multimetro come amperometro e il tester come voltmetro

D39. Scelta della tensione di alimentazione $E =$

D40. Tensione e corrente attese $V =$ $I =$

D41. Incertezze attese $\delta V =$ $\delta I =$

D42. Resistenze di ingresso degli strumenti $R_V =$ $R_A =$

D43. Effetto dei consumi a monte e a valle $\epsilon_{CV} =$ $\epsilon_{CA} =$

D44. Voltmetro a perchè

D45. Lettura amperometro $I =$

D46. Lettura voltmetro $L_v =$, cost. taratura $C_v =$, Tensione $V =$

D47. Incertezza strumentale e di lettura della tensione $\delta^S V =$ $\delta^L V =$

D48. Incertezza strumentale e di lettura della corrente $\delta^S I =$ $\delta^L I =$

D49. Misurate la temperatura e valutatene l'effetto $\delta^T R =$

D50. Misura della resistenza del resistore da 10 kΩ $R_{10k}^{II} =$ alla temperatura $T_a =$

5 Misurazione della resistenza R=10 kΩ (Misurazione #3)

Sclegate il resistore e misuratelo con il multimetro.

D51. Cercate nel manuale i coefficienti delle formula binomia (portata 10 kΩ) $X_{lettura} \% =$

$Y_{portata} \% =$

D52. Eseguite la lettura $R =$

D53. Valutate l'incertezza strumentale e di lettura $\delta^S R =$ $\delta^L R =$

D54. Misurate la temperatura e valutatene l'effetto $\delta^T R =$

D55. Dichiarate la misura della resistenza del resistore da 10 kΩ $R_{10k}^{III} =$

alla temperatura $T_a =$

D56. Disegnate il diagramma di compatibilità delle tre misure e di quella fornita dal costruttore (valori nominali)

6 Misurazione della resistenza R=10 Ω (Misurazione #1)

Per questa misurazione utilizzate il multimetro numerale come voltmetro e il tester come amperometro.

ATTENZIONE: Dato il piccolo valore della resistenza occorre controllare con attenzione la tensione di alimentazione. Una corrente eccessiva può danneggiare l'amperometro e la resistenza.

Bisogna valutare anche le resistenze di contatto che qui giocano un ruolo non trascurabile.

D57. Valutate le resistenze dei cavi e dei contatti significativi (cioè quelle in serie al misurando) ipotizzando $\frac{1}{100} \Omega$ per ogni contatto e una resistenza dei cavi pari a 20 mΩ/m $R_{cc} =$ $\epsilon_{cc} = R_{cc}/R =$

D58. E' significativa? SI/NO perchè

D59. Se SI collegate a quattro morsetti il resistore e procedete come per la sezione 3.

D60. Riportate le informazioni essenziali nella tabella

V_p		V		$\delta^S V$		$\delta^L V$		δV	
I_p		I		$\delta^S I$		$\delta^L I$		δI	
		T_a						δT	

D61. Dichiarate la misura della resistenza del resistore da 10 kΩ $R_{10}^I =$

alla temperatura $T_a =$

7 Misurazione della resistenza R=10 Ω (Misurazione #2)

Per questa misurazione utilizzate il multimetro numerale come amperometro e il tester come voltmetro.

D62. Riportate le informazioni essenziali nella tabella

V_p		V		$\delta^S V$		$\delta^L V$		δV	
I_p		I		$\delta^S I$		$\delta^L I$		δI	
		T_a						δT	

D63. Dichiarate la misura della resistenza del resistore da 10 kΩ $R_{10}^I =$
 alla temperatura $T_a =$

8 Misurazione della resistenza R=10 Ω (Misurazione #3)

Misurate la resistenza col multimetro utilizzando 4 cavi.

D64. Dichiarate la misura della resistenza del resistore da 10 kΩ $R_{10}^I =$
 alla temperatura $T_a =$

D65. Disegnate il diagramma di compatibilità delle tre misure e di quella fornita dal costruttore (valori nominali)

9 Gli strumenti disponibili

9.1 I resistori

Durante questa esperienza dovrete misurare la resistenza di almeno tre resistori contenuti nella scatola nera che troverete sul banco. I resistori hanno valori nominali di 4.7 Ω, 470 Ω, 10 Ω, 10 kΩ e incertezza 5%. I resistori sono a strato metallico e possono dissipare una potenza massima di 5 W.

Al fine della valutazione dell'autoriscaldamento vi saranno utili altri parametri come il coefficiente di temperatura $\alpha = 200 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ e la resistenza termica $K_T = 50 \text{ }^\circ\text{C}/\text{W}$.

I terminali dei resistori sono accessibili grazie a due bocche che consentono il collegamento a 4 morsetti.

9.2 L'alimentatore stabilizzato

L'alimentatore dovrà essere regolato prima di essere collegato al circuito. Il morsetto di terra non deve essere utilizzato. Il regolatore di corrente limita la massima corrente erogabile. L'alimentatore non eroga corrente se la manopola è ruotata completamente in senso antiorario.

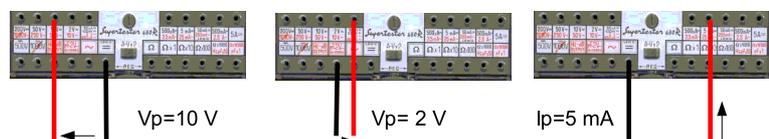


9.3 Il tester elettromeccanico

Il tester può essere utilizzato per misurare tensioni e correnti, continue e alternate. La figura mostra come collegare i terminali per misurare tensioni e correnti continue. La scala da utilizzare per le letture è quella nera.

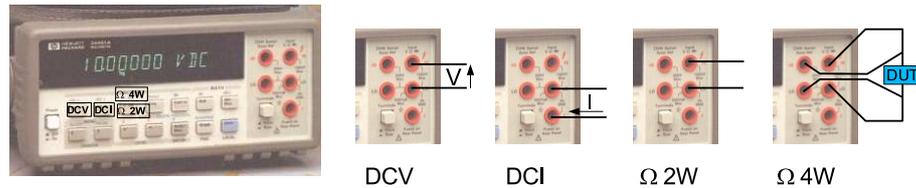
Principali caratteristiche:

- classe=2
- resistenza amperometro= 630 Ω (portata=2.5 mA); 63 Ω (portata=25 mA); 6.3 Ω (portata=250 mA);



9.4 Il multimetro numerale

Il multimetro è uno strumento multifunzione che, in questa esperienza, è utilizzato per misurare tensioni, correnti e resistenze. Il collegamento dei puntali e la posizione dei tasti utili per selezionare le varie funzioni sono descritti in figura. Le caratteristiche del multimetro si trovano nel sito del LaDiSpe.



10 Stima dell'effetto dell'autoriscaldamento del resistore

Nota la massima variazione tollerata ΔT della resistenza R a causa dell'autoriscaldamento, è possibile ricavare la massima tensione che è possibile applicare al resistore sfruttando le relazioni che legano la resistenza alla temperatura e la temperatura alla potenza dissipata.

La resistenza R del resistore ad una temperatura T può essere ricavata dalla resistenza R_0 che presenta lo stesso resistore ad una temperatura T_0 con la relazione $R = R_0(1 + \alpha(T - T_0))$

mentre l'innalzamento di temperatura ΔT a cui è soggetto il resistore quando dissipa una potenza P può essere ricavato conoscendo la resistenza termica K_T del resistore e impiegando la relazione $\Delta T = K_T P$.

La tensione E da applicare al resistore può essere ricavata imponendo un limite ΔR alle variazioni di resistenza dovuta all'autoriscaldamento:

- Data la variazione di resistenza tollerata si calcola il corrispondente incremento di temperatura:

$$\Delta T = \frac{R - R_0}{R\alpha} \quad (1)$$

- Si ricava quindi la potenza che deve dissipare il resistore per provocare un innalzamento della sua temperatura pari a ΔT :

$$P = \Delta T / K_T \quad (2)$$

- Si calcola infine la massima tensione applicabile:

$$E = \sqrt{PR} \quad (3)$$

11 Copyright

Questa dispensa è di proprietà del Politecnico di Torino e può essere liberamente usata dagli studenti del Politecnico di Torino per la preparazione agli esami, ma è vietato qualsiasi uso diverso. Copyright ©2004 - Politecnico di Torino Corso Duca degli Abruzzi 24 10129 Torino Italy

L'autore di questa dispensa è Alberto Vallan.