

Relazione attività di laboratorio

Esercitazione 2

- Corso di Fondamenti delle Misurazione -

- Ingegneria Informatica e dell'Automazione -

A cura di:
Laura Loperfino
Andrea Lops
Teresa Pantone
Paolo Rotolo

Prof. Ing. Filippo Attivissimo

19/12/2018

1 Introduzione

Lo scopo di questa attività di laboratorio è quello di effettuare la misura di una resistenza di una barra in rame con il metodo di confronto a caduta di tensione.

Si utilizza il metodo a quattro morsetti poichè normalmente sorgerebbero dei problemi dovuti alle resistenze di contatto morsetti-resistore ed alle resistenze dei collegamenti, che non sarebbero trascurabili rispetto alla resistenza incognita della barra di rame.

2 Incertezza su grandezze dimensionali

2.1 Misure con centimetro estensibile

L'unica incertezza che interessa le misure effettuate con il centimetro è l'incertezza assoluta di lettura, ovvero il massimo errore che si commette nell'apprezzare una frazione di divisione



Figure 1: Centimetro estensibile

$$\lambda_{min} = \frac{1}{2} * \frac{1}{10} div = \frac{1}{20} div \quad (1)$$

$$U_{\lambda_{min}} = \frac{1}{2} * \frac{1}{20} = \frac{1}{40} \quad (2)$$

$$\Delta_x = 2U_{\lambda_{min}} = 0.5mm \quad (3)$$

Si è calcolata l'incertezza delle relative misure:

$$l_a = 1180 \pm 0.5mm \quad (4)$$

$$l_v = 1000 \pm 0.5mm \quad (5)$$

2.2 Misure col calibro digitale



Figure 2: Calibro digitale

Per quanto riguarda invece le misure effettuate col calibro digitale si ha:

$$U_{calibro} = 0.01 + |0.02| = 0.03mm \quad (6)$$

Letto dalle specifiche del calibro

| ● TECHNICAL SPECIFICATIONS | |
|----------------------------|--|
| Measuring range: | 0-75mm / 0-3", 0-100mm / 0-4", 0-150mm / 0-6", 0-200mm / 0-8", 0-300mm / 0-12" |
| Resolution: | 0.01mm / 0.0005" |
| Accuracy: | ±0.02mm / 0.001" (<100mm) ±0.03mm / 0.001" (>100-200mm) ±0.04mm / 0.0015" (>200-300mm) |
| Repeatability: | 0.01mm / 0.0005" |
| Max.measuring speed: | 1.5m / sec, 60" / sec, |
| Measuring system: | Linear capacitive measuring system. |
| Display: | LCD display |
| Power: | One 1.55V button cell. |

Figure 3: Specifiche calibro

Si è calcolata l'incertezza delle relative misure:

$$w = 30.08 \pm 0.03mm \quad (7)$$

$$h = 3.05 \pm 0.03mm \quad (8)$$

2.3 Misure di superfici

Successivamente sono state effettuate le misure indirette con i dati acquisiti:

$$S = h * w = 91.744mm^2 \quad (9)$$

Con relativa incertezza:

$$U_S = S(\frac{U_h}{h} + \frac{U_w}{w}) \quad (10)$$

E quindi:

$$S = 91.7 \pm 1.0mm^2 \quad (11)$$

Invece:

$$S_L = 2l_a(h + w) = 78186.8mm^2 \quad (12)$$

Con relativa incertezza:

$$U_{S_L} = \frac{dS_L}{dl_a}U_{l_a} + \frac{dS_L}{dw}U_w + \frac{dS_L}{dh}U_h = 274.12mm^2 \quad (13)$$

E quindi:

$$S_L = 78200 \pm 300mm^2 \quad (14)$$

2.4 Stima del valore del provino in rame

Usando la formula forniteci e i risultati ottenuti precedentemente è stato possibile misurare:

$$R_{X_m} = \frac{\varphi * l_v}{S} = 0.1918m\Omega \quad (15)$$

Con la relativa incertezza

$$U_{R_{X_m}} = \varphi \frac{d\varphi * l_v}{dl_v}U_{l_v} + \varphi \frac{d\varphi * l_v}{dS}US \quad (16)$$

$$R_{X_m} = 0.192 \pm 0.004m\Omega \quad (17)$$

3 Dimensionamento I_{max}

Con il seguente programma in Matlab è stato possibile definire I_{max}

```
l = 1.18;  
b = 0.00305;  
h = 0.03008;  
  
ro = 1.76*10^(-8);  
ST = 2*(b+h)*1;  
alfa = 0.0042;  
k= 10;  
Rc= 0.0001;  
uRc = 0.00000001;  
Rx = ro*l/(b*h);  
Up = 0.0035/100;  
Vp = 0.1;
```

```

k2 = (alfa * Rx) / (k * ST);
k0 = -uRc * 0.05;
k1 = -0.05 * Up * Vp * (1 / Rc + 1 / Rx);

I = linspace(5, 25, 1000);
eT = k2 * I.^2;
uRx = -k0 - k1 ./ I;
plot(I, eT, 'b', I, uRx, 'r')
Ip = find((eT - uRx) > 0);
Im = I(Ip(1));
hold on
plot(Im, k2 * Im.^2, '*')
xlabel('I (A)')

```

Con risultato:

$$I_{max} = 20.82 A \quad (18)$$

4 Incertezza su grandezze elettriche, metodo voltamperometrico

Per effettuare le misure seguenti sono stati adoperati: il multimetro da banco *Agilent 34410* e il multimetro palmare *U/U1253B*.



Figure 4: Multimetro palmare

| | | | | |
|-------------------------|-----------------------|--------------|------------------------|-----------------------|
| Current | 500.00 μ A | 0.01 μ A | 0.06 V (100 Ω) | 0.05 + 5 [*] |
| | 5000.0 μ A | 0.1 μ A | 0.6 V (100 Ω) | |
| | 50.000 mA | 0.001 mA | 0.09 V (1 Ω) | 0.15 + 5 [*] |
| | 440.00 mA | 0.01 mA | 0.9 V (1 Ω) | |
| | 5.0000 A | 0.0001 A | 0.2 V (0.01 Ω) | 0.3 + 10 |
| | 10.000 A [†] | 0.001 A | 0.4 V (0.01 Ω) | 0.3 + 5 |
| Diode test [‡] | - | 0.1 mV | 1.04 mA | 0.05 + 5 |

Figure 5: Specifiche U/U1253B

4.1 Misura diretta della resistenza mediante due morsetti

Adoperando due morsetti si è arrivati alla misurazione della seguente resistenza:

$$R_{X2W} = 33.4 m\Omega \quad (19)$$

$$U_{R_{X2W}} = [\pm 0.01\% rdg \pm 0.004\% FSO] \quad (20)$$

$$R_{X2W} = 33.4 \pm 4.3 m\Omega \quad (21)$$

Purtroppo però la misura è *errata* a causa delle resistenze dei due puntali, che infatti sono dotati di resistenza interna di ordine di grandezza confrontabile con quello della misura stessa. Il problema è fortunatamente di facile risoluzione, compensando i puntali stessi col multimetro. Ed ecco che si ottiene una misurazione più precisa.

$$R_{X2W_2} = 0.007\Omega \quad (22)$$

$$U_{R_{X2W_2}} = [\pm 0.01\%rdg \pm 0.004\%FSO] \quad (23)$$

$$R_{X2W_2} = 0.007 \pm 0.004\Omega \quad (24)$$

4.2 Misura della resistenza mediante quattro morsetti

In realtà lo strumento non è idoneo ad effettuare misure di piccole resistenze in quanto l'incertezza è confrontabile con la misura, ciò che andremo a misurare è praticamente rumore nonostante si è usata la configurazione a 4 morsetti

$$R_{X4W} = 2.9m\Omega \quad (25)$$

$$U_{R_{X4W}} = [\pm 0.01\%rdg \pm 0.004\%FSO] \quad (26)$$

$$R_{X4W} = 2.9 \pm 4m\Omega \quad (27)$$

4.3 Misura di resistenza con il metodo amperometrico

Per ottenere la resistenza $R_{X_{VA}}$ si è andati a calcolare prima I_{VA} e poi V_{VA}

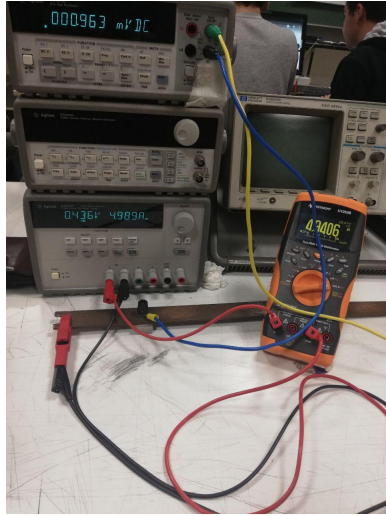


Figure 6: Misurazione con il metodo amperometrico

$$I_{VA} = 4.9433A \quad (28)$$

$$U_{I_{VA}} = [\pm 0.3\%rdg \pm 10\%FSO] \quad (29)$$

$$I_{VA} = 4.9 \pm 0.5A \quad (30)$$

$$V_{VA} = 0.96mV \quad (31)$$

$$U_{V_{VA}} = [\pm 0.005\%rdg \pm 0.0035\%FSO] \quad (32)$$

$$V_{VA} = 0.96 \pm 0.004mV \quad (33)$$

E successivamente la resistenza:

$$R_{X_{VA}} = \frac{V_{VA}}{I_{VA}} = 0.000194\Omega \quad (34)$$

$$U_{R_{X_{VA}}} = \left(\frac{U_{V_{VA}}}{V_{VA}} + \frac{U_{I_{VA}}}{I_{VA}} \right) R_{X_{VA}} \quad (35)$$

$$R_{X_{VA}} = 0.00019 \pm 0.00002\Omega \quad (36)$$

5 Incertezza su grandezze elettriche, metodo di confronto delle cadute di tensione

È stato d'apprima impostato il multimetro come voltmetro e successivamente sono state misurate le tensioni sul provino e sul campione: Prendiamo l'incertezza che ci riguarda per il multimetro:

$$U_V = [\pm 0.0050\%rdg \pm 0.0035\%FSO] \quad (37)$$

E quindi si ottiene:

$$V_X = 0.817 \pm 0.004mV \quad (38)$$

$$V_C = 0.503 \pm 0.004mV \quad (39)$$

5.1 Calcolo del rapporto delle tensioni

$$r = V_X/V_C = 1.624 \quad (40)$$

$$U_r = \left(\frac{U_{V_X}}{V_X} + \frac{U_{V_C}}{V_C} \right) r = 0.02086 \quad (41)$$

Otteniamo:

$$r = 1.62 \pm 0.02 \quad (42)$$

5.2 Calcolo del valore della resistenza del provino

$$R_{X_{CdT}} = R_c * r = 0.1624m\Omega \quad (43)$$

$$U_{R_{X_{CdT}}} = \left(\frac{U_{R_c}}{R_c} + \frac{U_r}{r} \right) R_{X_{CdT}} = 0.00201m\Omega \quad (44)$$

$$R_{X_{CdT}} = 0.162 \pm 0.002m\Omega \quad (45)$$

5.3 Calcolo della resistività del rame

$$\rho_{X_{CdT}} = R_{X_{CdT}} * \frac{S}{l_V} = 1,489 * 10^{-8} \Omega * m \quad (46)$$

$$U_{\rho_{X_{CdT}}} = \frac{S}{l_V} * U_{R_{X_{CdT}}} + \frac{R_{X_{CdT}}}{l_V} * U_S + \frac{S * R_{X_{CdT}}}{l_V^2} * U_{l_V} \quad (47)$$

$$\rho_{X_{CdT}} = (1.489 \pm 0.001) * 10^{-8} \Omega * m \quad (48)$$