

# Misura della Resistenza Interna di un Generatore di Tensione

Federico Fabrizi, Federico Galli, Pietro Pennestrì, Flavia Spiriti

## Report di Laboratorio

### Sommario

Nel seguente report si descrive la procedura impiegata per la stima sperimentale della resistenza interna di un generatore di tensione da banco. Le misure sono state effettuate sul generatore di tensione modello PS-305D.



## 1 CENNI TEORICI

In un generatore di tensione si definisce forza elettromotrice  $f$ , misurata in Volt, il lavoro  $dL$  compiuto sull'unità di carica  $dq$  nel trasporto al rispettivo polo, secondo la formula

$$f = \frac{dL}{dq} . \quad (1)$$

Si osserva che, in circuito chiuso, la differenza di potenziale  $\Delta V$ , risulterà leggermente inferiore rispetto alla tensione  $f$  imposta dal generatore. Tale caduta di potenziale è dovuta ad una resistenza interna al generatore medesimo.

Pertanto, un **generatore di tensione reale**, come mostrato in Figura 1, può essere assimilato ad un generatore di tensione ideale  $f$ , in serie con una resistenza  $r$ , detta **resistenza interna**.

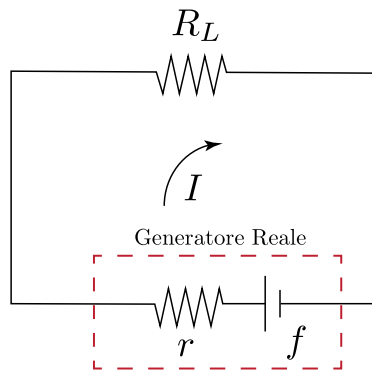


Figura 1: Circuito equivalente

- Federico Fabrizi, mat. 1642175 ,  
E-mail: [fabrizi.1642175@studenti.uniroma1.it](mailto:fabrizi.1642175@studenti.uniroma1.it),
- Federico Galli, mat. 1716047 ,  
E-mail: [galli.1716047@studenti.uniroma1.it](mailto:galli.1716047@studenti.uniroma1.it),
- Pietro Pennestrì, mat. 1694905,  
E-mail: [pennestri.1694905@studenti.uniroma1.it](mailto:pennestri.1694905@studenti.uniroma1.it)
- Flavia Spiriti, mat. 1701054 ,  
E-mail: [spiriti.1701054@studenti.uniroma1.it](mailto:spiriti.1701054@studenti.uniroma1.it)

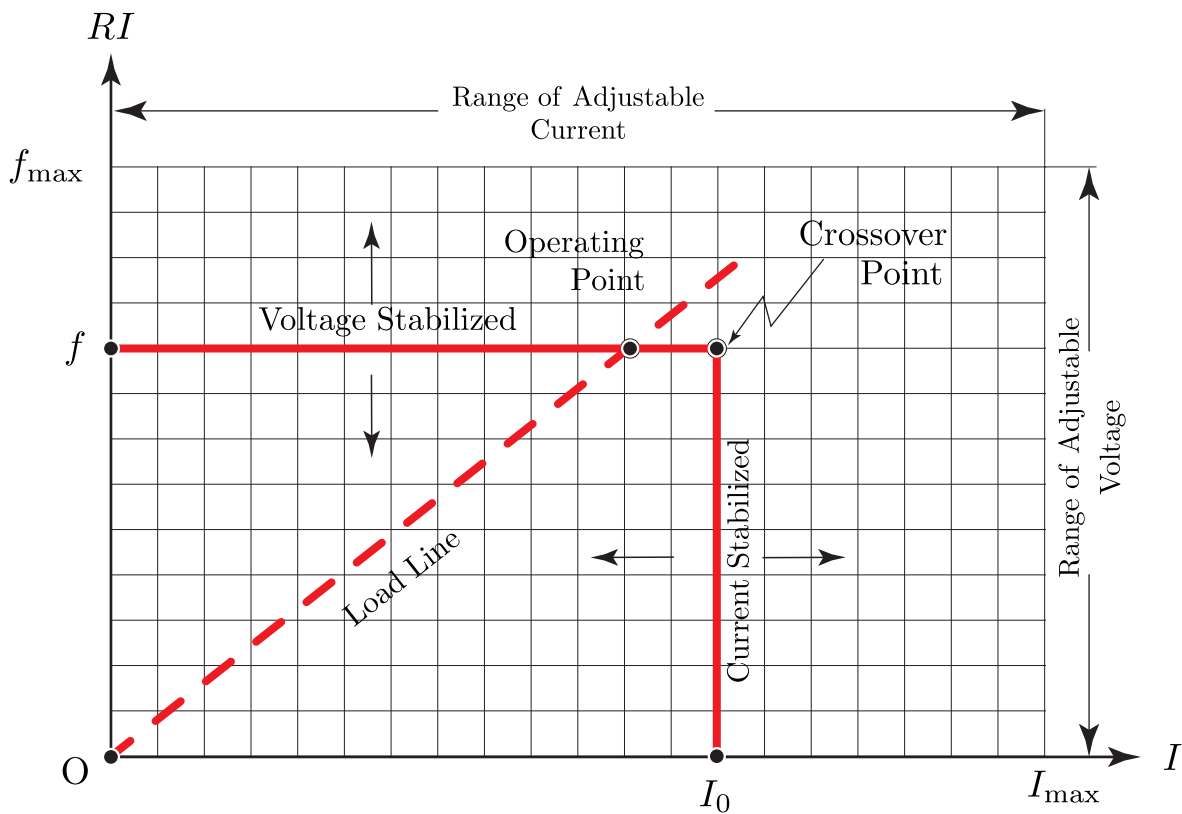


Figura 2: Funzionamento di un generatore di tensione ideale

Il funzionamento di un generatore di tensione ideale è schematizzato dal grafico di Figura 2<sup>1</sup>. Impostato il voltaggio  $f$  da fornire al circuito di carico, il generatore di tensione, tende a mantenerlo il più possibile costante al variare dell'intensità di corrente. Quest'ultima dipende prevalentemente dalla resistenza di carico  $R_L$ . Raggiunto un valore limite di  $R_L$ , il generatore non è più in grado di mantenere la tensione imposta e si registra una caduta di potenziale. A tale proposito si definisce **crossover point**<sup>2</sup>.

Il punto d'intersezione tra la linea di funzionamento a voltaggio stabilizzato e quella a corrente stabilizzata.

Il valore di resistenza interna  $r = \frac{f}{I_0}$  definito da tale intersezione, è quello cui corrisponde la massima potenza.

Dal punto di vista operativo, per non danneggiare il generatore, si preferisce non arrivare al crossover point definendo un operating point che contiene la *load line*.

## 2 COMPONENTI DELL'APPARATO DI MISURA

- Generatore di tensione PS-305D. Nel corso dell'esperienza è stato impostato ad una tensione nominale  $f = 10.0V$ . Tuttavia la tensione effettiva, verifica con il multimetro è di 10.6 V circa;
- Multimetro digitale Vici VC8145;

1. Il grafico è stato adattato da una figura inserita nella seguente pagina web <http://www.richmondrepair.co.uk/kepco/gloss.html>

2. **Crossover Point** - That point on the operating locus of a voltage/current automatic crossover power supply formed by the intersection of the voltage-stabilized and current-stabilized output lines. The resistance value  $r = \frac{f}{I_0}$  defined by this intersection is the matching impedance for the power supply, which will draw the maximum output power.

- Breadboard;
- Resistenze Ceramiche (v. Figura 3). La scelta di tale componente è giustificata poiché il resistore è talvolta percorso da correnti elevate, fino a 0.30 A, ed è necessario mantenere costante il valore della resistenza di carico  $R_L$  imposta. Per accertarsi che non vi siano variazioni di resistenza, la  $R_L$  è stata misurata prima e dopo il passaggio della corrente nel circuito.

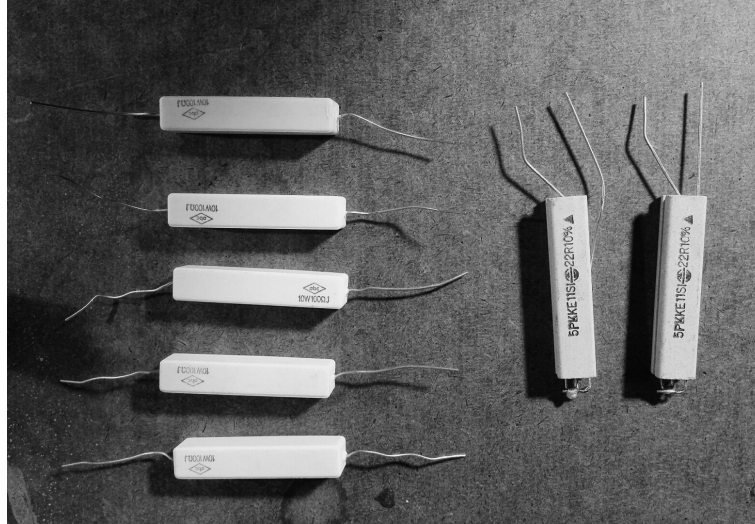


Figura 3: Resistenze Ceramiche

### 3 DESCRIZIONE DELL'APPARATO DI MISURA

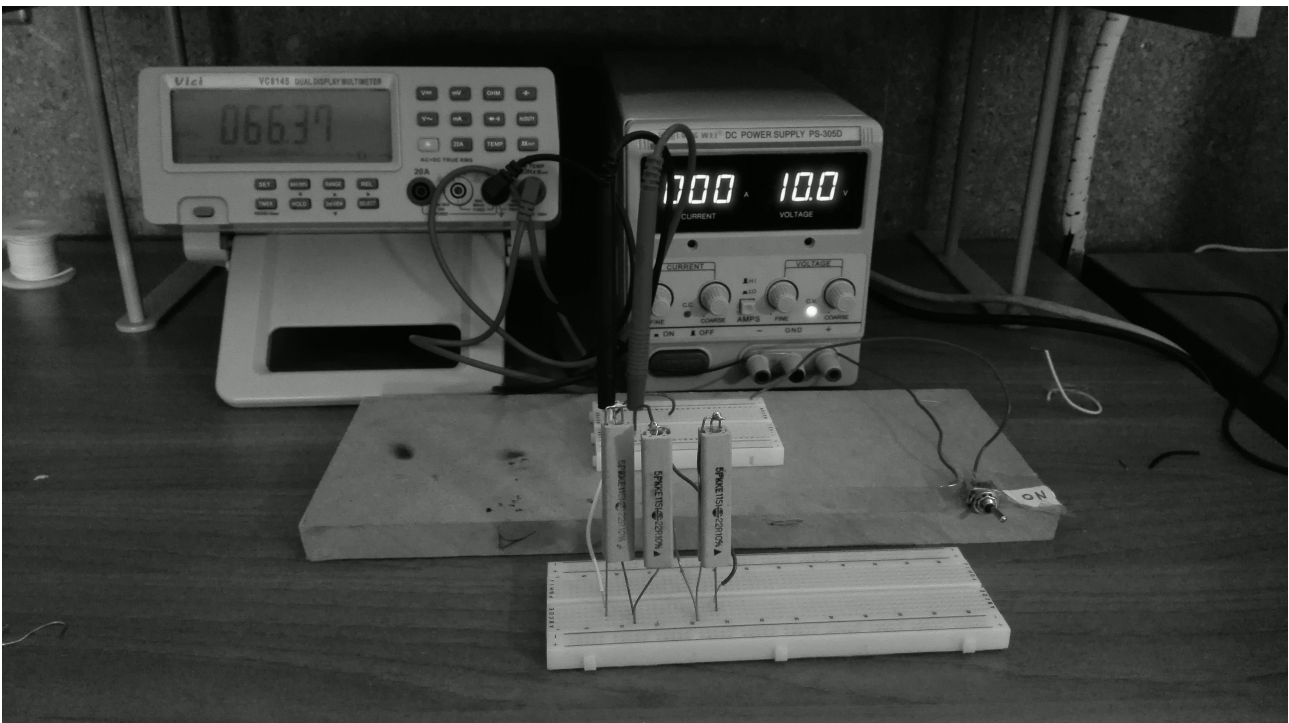
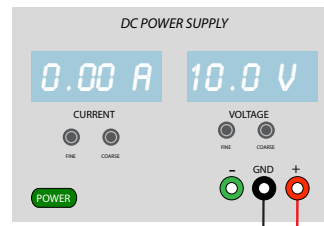
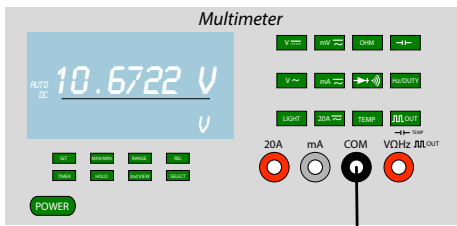
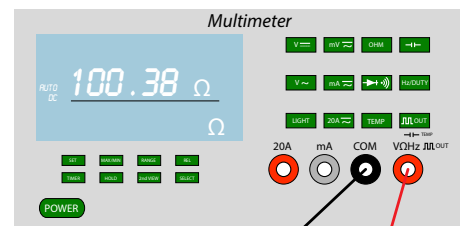
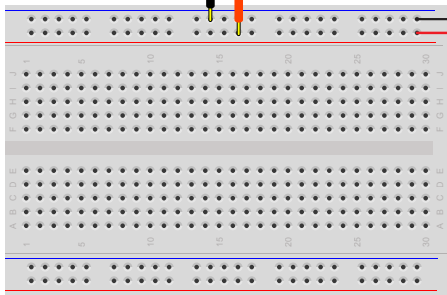


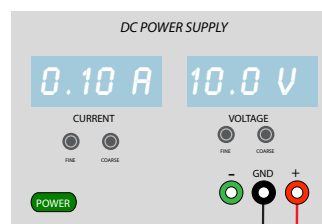
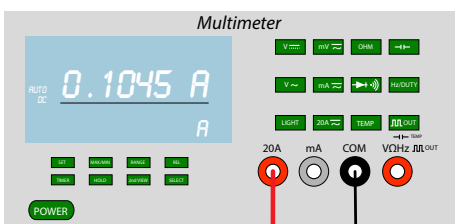
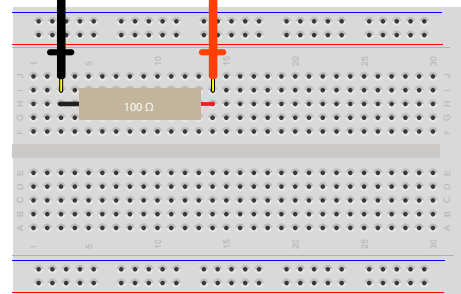
Figura 4: Apparato di Misura



①

Rilevazione Tensione  
Imposta  $f$ 

②

Rilevazione resistenza di carico  $R_L$ 

③

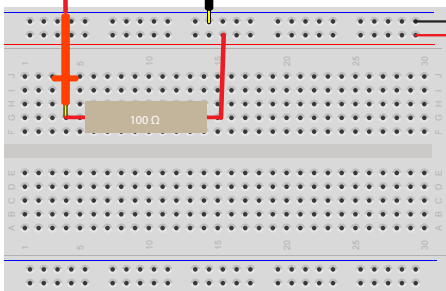
Rilevazione Corrente  $I$ 

Figura 5: Fasi delle rilevazioni sperimentali

## 4 VERIFICA DELL'APPARATO SPERIMENTALE

Al fine di verificare l'accuratezza del circuito di misura e del multimetro, è stato deciso di verificare sperimentalmente la legge di Ohm. In particolare variando la resistenza di carico  $R_L$  nell'intervallo  $[310 \Omega - 1000 \Omega]$  è stata misurata la corrente  $I$  che attraversa la resistenza. I Tutte le grandezze fisiche (corrente e resistenza), sono state acquisite con il multimetro specificato nel precedente paragrafo. I valori acquisiti sono stati riportati sul Grafico riportato in Figura 6.

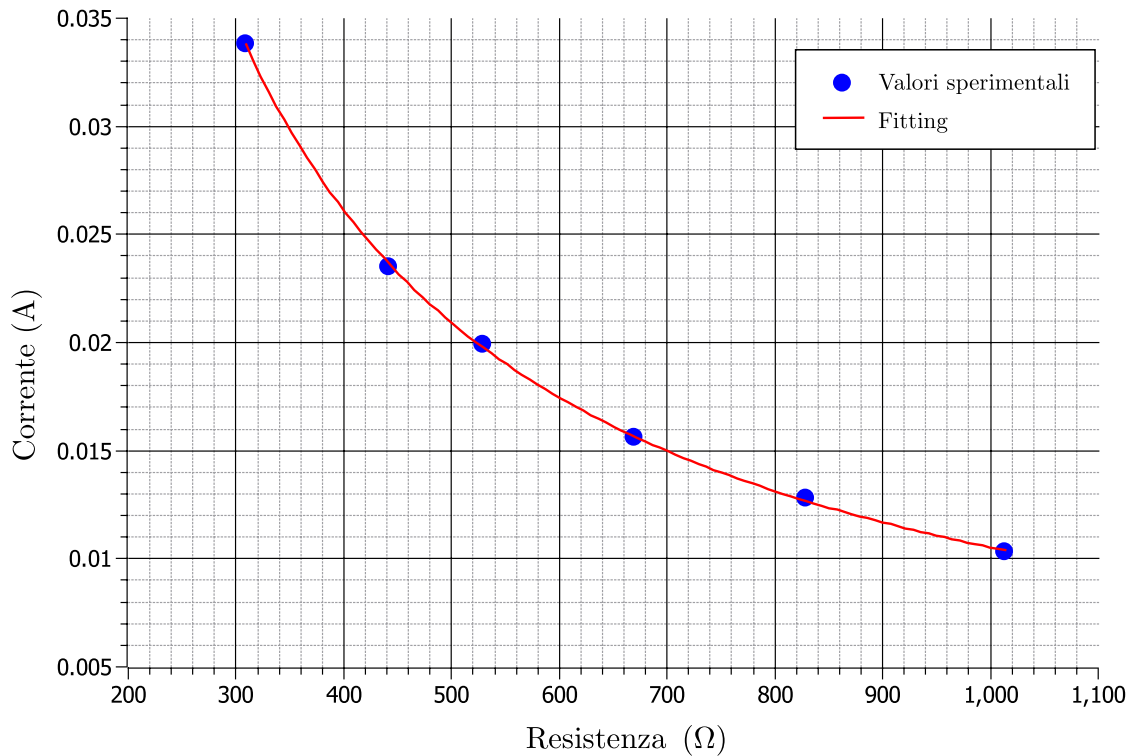


Figura 6: Verifica Legge di Ohm nel circuito di misura

Questi ultimi sono stati confrontati con quelli delle legge di Ohm, verificando l'andamento iperbolico

$$RI = \text{Costante} . \quad (2)$$

Il fitting dei dati sperimentali è stato realizzato con la funzione

$$y = \frac{a}{x} + b \quad (3)$$

Tale operazione, eseguita mediante il software SciDavis ha fornito i seguenti risultati.

```

1 [11/11/2016 8:11:52 AM Plot: ''Graph4'']
2 Non-linear fit of dataset: Table1_2, using function: (a/x)+b
3 Y standard errors: Unknown
4 Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
5 From x = 309 to x = 1,014
6 a = 10.3910157331461 +/- 0.0681517275124737
7 b = 0.000138225608983604 +/- 0.000135793449549388

```

Listing 1: Risultato software SciDavis

Il basso valore di  $b$  conferma l'accuratezza dell'apparato sperimentale nel riprodurre la legge di Ohm.

## 5 MISURA

Dall'analisi del circuito in Figura 1 risulta

$$f = R_L I + r I . \quad (4)$$

Possiamo distinguere due casi:

- $R_L \gg r$

$$f \approx R_L I \quad (5)$$

- $R_L$  è dello stesso ordine di grandezza di  $r$

$$f = R_L I + r I \quad (6)$$

Per valori di  $R_L$  compresi in un intervallo  $50 \Omega - 300 \Omega$  osserviamo una variazione minima della caduta di tensione. Ciò significa che la resistenza interna  $r$  è pressoché ininfluenza.

Per valori di  $R_L$ , inferiori a  $50 \Omega$  si registra una caduta repentina di potenziale e la corrente che attraversa il circuito si mantiene costante. È proprio in questa situazione che si inizia ad apprezzare la resistenza interna  $r$ .

Dal grafico si osserva che la resistenza interna varia secondo le condizioni imposte e può ottenersi tramite la relazione

$$r = \frac{\overline{RI} - R_B \overline{I}_B}{\overline{I}_B} \quad (7)$$

in cui

- $\overline{RI}$  rappresenta il valore medio delle ordinate dei punti sulla retta  $t$ ,
- i valori con il pedice  $B$  rappresentano i punti sulla retta quasi verticale;
- $\overline{I}_B$  il valore della corrente medio che si misura nei punti dopo il *crossover point*.

Sostituendo nella (7) i valori

$$\begin{aligned} \overline{V}_A &= \overline{RI} = 10.5070 \text{ V} \\ V_B^{\max} &= 10.0353 \text{ V} \\ V_B^{\min} &= 0.3596 \text{ V} \\ \overline{I}_B &= 0.2871 \text{ A} \end{aligned}$$

si ottengono i valori  $r_{\min}$  e  $r_{\max}$  della resistenza interna

$$\begin{aligned} r_{\min} &= 1.44 \Omega \\ r_{\max} &= 35.35 \Omega . \end{aligned}$$

Tabella 1: Valori rilevati sperimentalmente

$I$ A	$R_L$ $\Omega$	$R_L I$ V
0	0	10.67
0.2877	1.25	0.35
0.2878	3.25	0.93
0.2876	10.19	2.93
0.2871	22.7	6.51
0.2871	32.35	9.28
0.2855	35.15	10.03
0.2345	44.31	10.39
0.1895	54.19	10.26
0.1577	66.3	10.45
0.1045	100.38	10.48
0.07290	144.51	10.53
0.0535	197.85	10.58
0.0355	298.92	10.61
0.0268	393.83	10.55

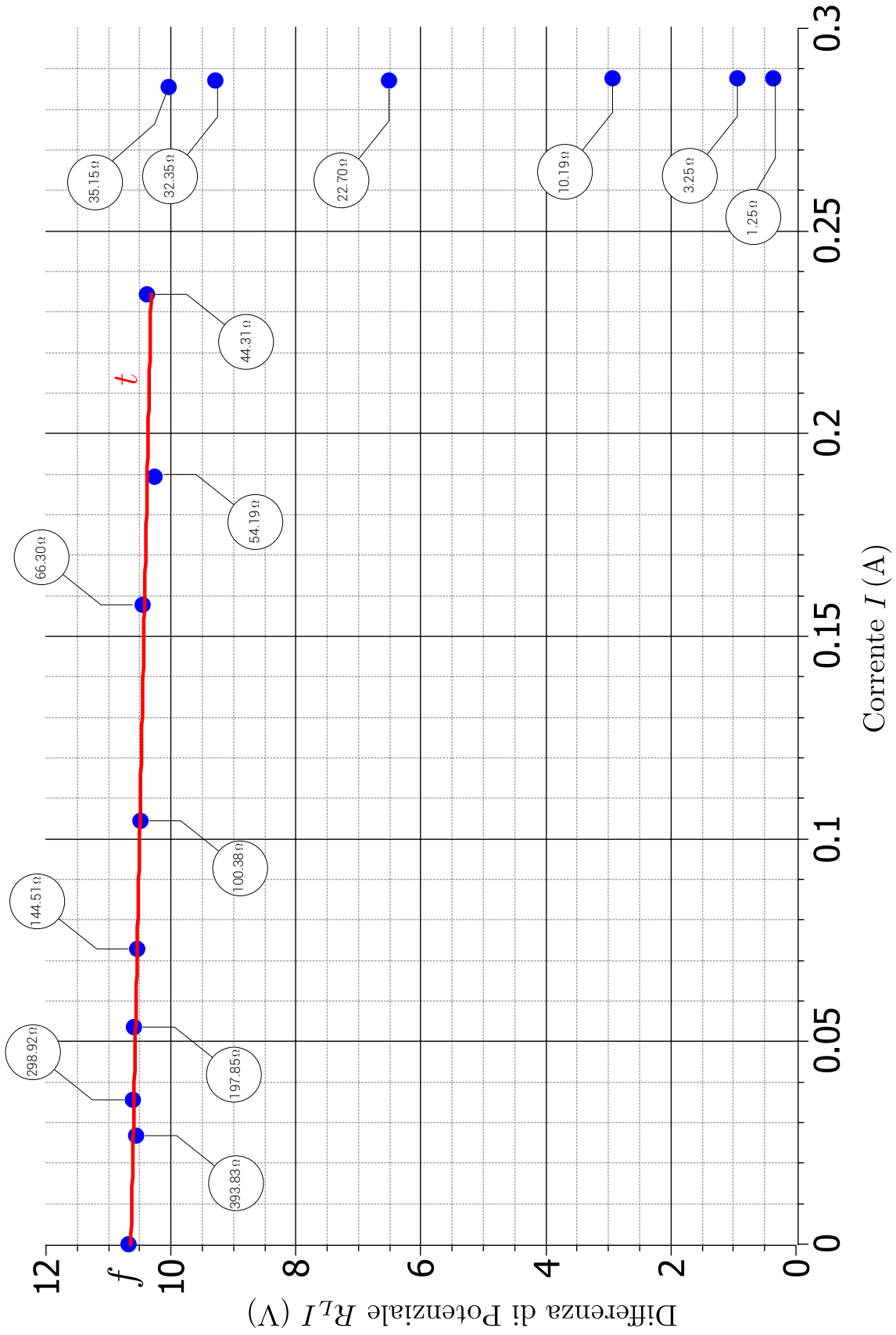


Figura 7: Determinazione sperimentale del *Crossover Point*