

## Carica e scarica di una bobina

### ANALISI DELL'ANDAMENTO DELLA CORRENTE DELLA BOBINA ALL'INSERIMENTO E AL DISINSERIMENTO DI UNA TENSIONE CONTINUA

- Misurazione della corrente della bobina all'inserimento e al disinserimento di una tensione continua.
- Determinazione del tempo di dimezzamento all'inserimento e al disinserimento di una tensione continua.
- Analisi della dipendenza del tempo di dimezzamento da induttanza e resistenza.

UE3050201

06/17 UD

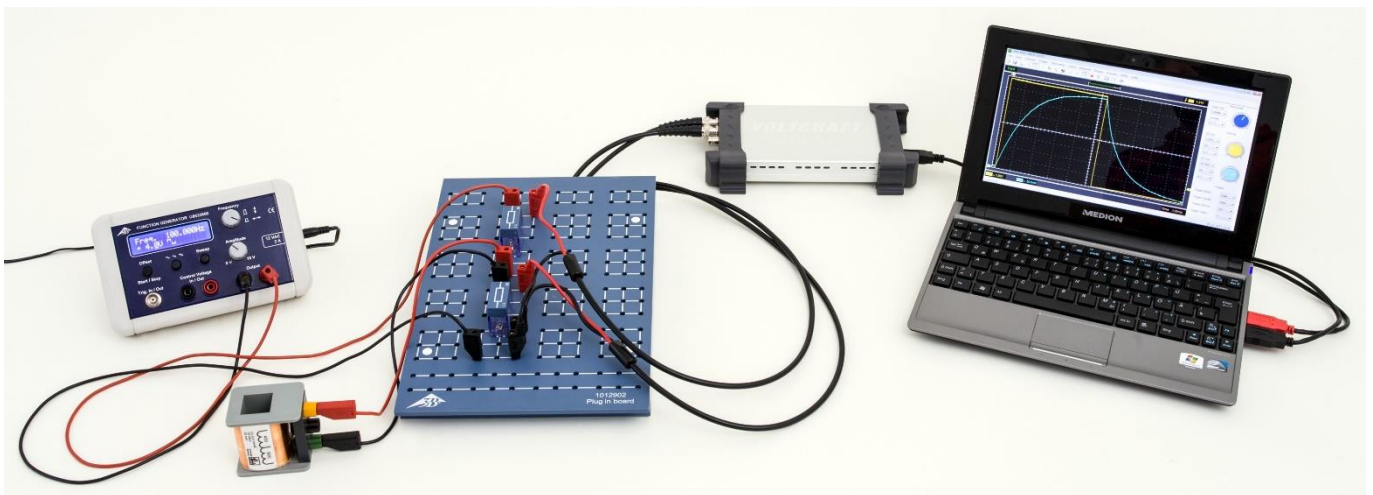


Fig. 1: Disposizione per la misurazione

### BASI GENERALI

Il comportamento di una bobina in un circuito a corrente continua varia non appena la tensione continua viene inserita e o disinserita. La variazione di corrente viene ritardata dall'autoinduzione nella bobina, finché non si raggiunge all'inserimento il valore massimo e al disinserimento il valore zero. L'andamento della corrente della bobina può essere rappresentato come funzione esponenziale.

Per un circuito a corrente continua con induttanza  $L$ , ohmica resistenza  $R$  e tensione continua  $U_0 = R \cdot I_0$  vale all'accensione

$$(1) \quad I(t) = I_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t \ln 2}{T_{1/2}}}\right)$$

e allo spegnimento

$$(2) \quad I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t \ln 2}{T_{1/2}}}$$

con

$$(3) \quad T_{1/2} = \ln 2 \cdot \frac{L}{R}$$

$T_{1/2}$  è il tempo di dimezzamento; vale a dire nel tempo  $T_{1/2}$  la corrente della bobina si riduce della metà. Lo stesso tempo trascorre per la diminuzione dalla metà ad un quarto e da un quarto ad un ottavo.

Nell'esperimento viene verificato questo comportamento. A tale scopo viene registrato l'andamento temporale della corrente della bobina con un oscilloscopio con memoria. Viene misurata la corrente come caduta di tensione su una resistenza di misura collegata in serie  $R_M$ . La corrente  $I_0$  è selezionata in modo tale da rilevare facilmente la metà, un quarto e un ottavo di questo valore. Per variare la resistenza ohmica, diverse altre resistenze di prova  $R_R$  vengono collegate in serie.

La resistenza ohmica  $R$  totale è il risultato della somma di resistenza di prova, porzione ohmica della resistenza della bobina e resistenza di misura:

$$(4) \quad R = R_R + R_L + R_m$$

### ELENCO DEGLI STRUMENTI

1	Scheda per componenti	1012902 (U33250)
1	Resistenza 1 $\Omega$ , 2 W	1012903 (U333011)
1	Resistenza 10 $\Omega$ , 2 W	1012904 (U333012)
1	Resistenza 22 $\Omega$ , 2 W	1012907 (U333015)
1	Resistenza 47 $\Omega$ , 2 W	1012908 (U333016)
1	Resistenza 150 $\Omega$ , 2 W	1012911 (U333019)
1	Set di 10 connettori a nastro	1012985 (U333093)
2	Bobina S con 1200 spire	1001002 (U8498085)
1	Generatore di funzione FG 100 @230V	1009957 (U8533600-230)
o		
1	Generatore di funzione FG 100 @115V	1009956 (U8533600-115)
1	Oscilloscopio PC 2x25 MHz	1020857 (U11830)
2	Cavo ad alta frequenza, connettore 4 mm / BNC	1002748 (U11257)
1	Set di 15 cavi per esperimenti, 75 cm, 1 mm <sup>2</sup>	1002840 (U13800)

### MONTAGGIO E ESECUZIONE

- Eseguire la disposizione per la misurazione secondo Fig. 2.
- Realizzare il circuito sulla scheda come da Fig. 3.
- Impostare sull'oscilloscopio 1 ms come base tempo, 1 V come deflessione verticale per CH1 e 50 mV per CH2, trigger su "Mode Edge", "Sweep Auto", "Source CH1" e soglia trigger 522 mV.

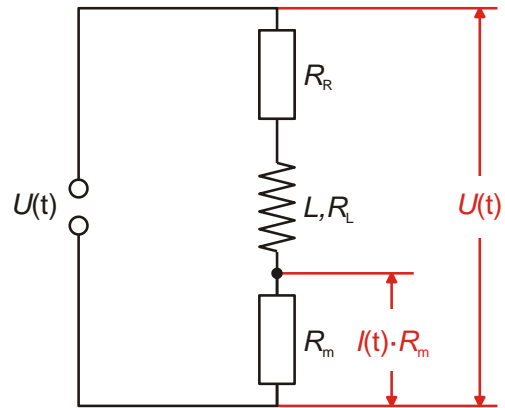


Fig. 3: Schema elettrico

#### Tempo di dimezzamento durante l'inserimento/disinserimento di una tensione continua

- Inserire una delle bobine con 1200 spire / 23 mH e resistenza di misura  $R_m = 1 \Omega$  nella scheda come illustrato nella Fig. 2 e 3. Al posto di una resistenza di prova  $R_R$  inserire prima un connettore a nastro.
- Impostare sul generatore di funzione una frequenza pari a 100 Hz e selezionare come forma del segnale l'opzione rettangolare.
- Scegliere un'ampiezza tale per cui l'altezza picco-picco del segnale 8 V, corrispondente a  $\pm 4$  quadretti ammonti a 1 V / quadretto.
- Leggere sull'oscilloscopio i tempi di dimezzamento  $T_{1/2}$  durante il disinserimento della tensione continua per cadute di tensione da 8 V a 4 V, da 4 V a 2 V e da 2 V a 1 V e registrare i valori nella Tab. 1.

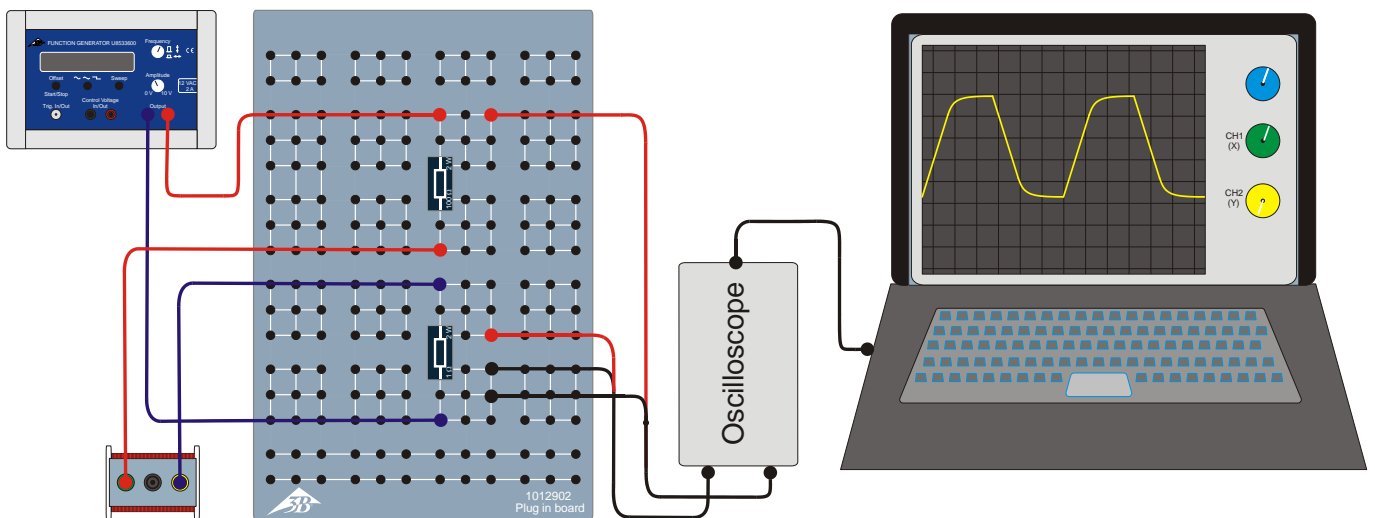


Fig. 2: Rappresentazione della disposizione per la misurazione

- Leggere sull'oscilloscopio i tempi di dimezzamento  $T_{1/2}$  durante l'inserimento della tensione continua per aumenti di tensione da 0 V a 4 V, da 4 V a 6 V e da 6 V a 7 V e registrare i valori nella Tab. 2.

Dal momento che la corrente  $I_0 = U_0 / R = U_m / R_m$  con  $R_m = 1 \Omega$  scorre attraverso la resistenza di misura come anche nella bobina, le cadute e gli aumenti di tensione sulla resistenza di misura riflettono in particolare le cadute e gli aumenti di corrente attraverso la bobina.

**Tempo di dimezzamento per varie resistenze**

- Utilizzare una delle bobine con 1200 spire / 23 mH.
- Inserire in successione il connettore a nastro ( $R_R = 0 \Omega$ ) e le resistenze di prova con  $R_R = 10, 22, 47$  e  $150 \Omega$ .
- Per ogni resistenza di prova  $R_R$  leggere sull'oscilloscopio il tempo di dimezzamento  $T_{1/2}$  durante il disinserimento e registrare i valori nella Tab. 3. Come opzione determinare anche il tempo di dimezzamento durante l'inserimento e determinare i valori medi.

**Tempo di dimezzamento per varie induttanze**

- Utilizzare la resistenza di prova  $R_R = 47 \Omega$ .
- Realizzare in successione induttanze  $L = 23, 46$  e  $11,5$  mH mediante un collegamento in serie o in parallelo delle due bobine con 1200 spire / 23 mH.
- Per ogni induttanza  $L$  leggere sull'oscilloscopio il tempo di dimezzamento  $T_{1/2}$  durante il disinserimento e registrare i valori nella Tab. 4. Come opzione determinare anche il tempo di dimezzamento durante l'inserimento e determinare i valori medi.

Tab. 1: Tempi di dimezzamento  $T_{1/2}$  per diverse cadute di tensione ( $R_R = 0 \Omega, R_m = 1 \Omega, R_L = 19 \Omega, L = 23$  mH).

$T_{1/2}(8V \rightarrow 4V)$	$T_{1/2}(4V \rightarrow 2V)$	$T_{1/2}(2V \rightarrow 1V)$
0,816 ms	0,788 ms	0,830 ms

Tab. 2: Tempi di dimezzamento  $T_{1/2}$  per diversi aumenti di tensione ( $R_R = 0 \Omega, R_m = 1 \Omega, R_L = 19 \Omega, L = 23$  mH).

$T_{1/2}(0V \rightarrow 4V)$	$T_{1/2}(4V \rightarrow 6V)$	$T_{1/2}(6V \rightarrow 7V)$
0,817 ms	0,835 ms	0,840 ms

Tab. 3: Tempi di dimezzamento  $T_{1/2}$  per diverse resistenze di prova  $R_R$  ( $R_m = 1 \Omega, R_L = 19 \Omega, L = 23$  mH).

$R_R / \Omega$	0	10	22	47	150
$R / \Omega$	20	30	42	67	170
$T_{1/2} / ms$	0,83	0,44	0,38	0,25	0,10

Tab. 4: Tempi di dimezzamento  $T_{1/2}$  per diverse induttanze  $L$  ( $R_R = 47 \Omega, R_m = 1 \Omega$ ).

$L / mH$	$R_L / \Omega$	$R / \Omega$	$T_{1/2} / ms$
23,0	19,0	67,0	0,25
46,0	38,0	86,0	0,41
11,5	9,5	57,5	0,14

**ESEMPIO DI MISURAZIONE**

La Fig. 4 mostra ad esempio l'oscillogramma durante l'inserimento e il disinserimento della tensione continua. La curva gialla (CH1) mostra l'andamento temporale della tensione che si riduce su tutta la resistenza ohmica (v. equazione (4)), la curva blu (CH2) mostra l'andamento temporale della corrente di bobina.

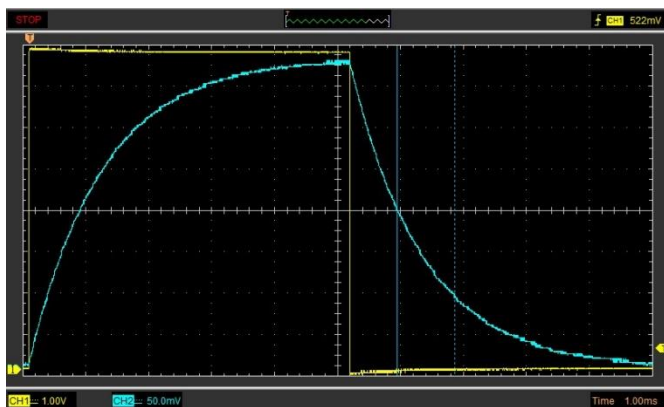


Fig. 4: Corrente della bobina registrata sull'oscilloscopio (curva blu) all'inserimento e disinserimento

**ANALISI**

**Tempo di dimezzamento durante l'inserimento disinserimento di una tensione continua**

La corrispondenza dei valori determinati dalle diverse sezioni della curva all'inserimento e disinserimento per il tempo di dimezzamento (Tab. 1 e 2) conferma l'andamento esponenziale previsto, vedere le equazioni (1) e (2).

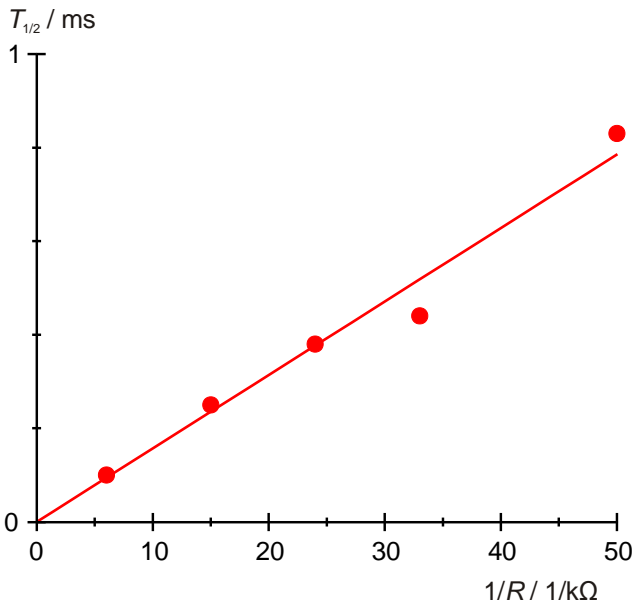


Fig. 5: Tempo di dimezzamento  $T_{1/2}$  come funzione del reciproco della resistenza  $R$ .

Tab. 5: Valori di dimezzamento  $T_{1/2}$  per i quozienti  $L / R$ , calcolati dai valori riportati nella Tab. 3 e 4.

$L/R / ms$	$T_{1/2} / ms$
0,14	0,10
0,20	0,14
0,34	0,25
0,55	0,38
0,53	0,41
0,77	0,44

**Tempo di dimezzamento per varie resistenze**

- Riportare in un diagramma i tempi di dimezzamento  $T_{1/2}$  della Tab. 3 rispetto ai reciproci delle resistenze ohmiche  $R$  e tracciare una retta d'origine (Fig. 5).
- Per verificare l'equazione (3) determinare dall'incremento lineare  $m_L$  l'induttanza  $L$ .

$$(5) \quad T_{1/2} = \frac{m_L}{R} \quad \text{con} \quad m_L = \ln 2 \cdot L$$

$$\Rightarrow L = \frac{m_L}{\ln 2} = \frac{15,7}{\ln 2} = 22,5 \text{ mH.}$$

Il valore determinato dalla misurazione coincide con il valore nominale  $L = 23 \text{ mH}$ .

**Tempo di dimezzamento per varie induttanze**

Dal momento che la realizzazione di diverse induttanze modifica anche la resistenza ohmica, viene analizzata la dipendenza del tempo di dimezzamento dal rapporto  $L / R$ .

- Dividere il valore dell'induttanza  $L = 23 \text{ mH}$  per i valori delle resistenze ohmiche  $R$  della Tab. 3, dividere i valori delle induttanze  $L$  della Tab. 4 per i valori delle resistenze ohmiche  $R$  della Tab. 4 e registrare i quozienti  $L / R$  con i rispettivi tempi di dimezzamento della Tab. 3 e 4 nella Tab. 5.
- Riportare in un diagramma i tempi di dimezzamento  $T_{1/2}$  della Tab. 5 rispetto ai quozienti  $L / R$  e tracciare una retta d'origine (Fig. 6).

- Per verificare l'equazione (3) determinare dall'incremento lineare  $m$  il fattore di proporzionalità  $\ln 2$ .

$$(6) \quad T_{1/2} = m \cdot \frac{L}{R} \quad \text{con} \quad m = \ln 2$$

Il valore determinato dalla misurazione  $m = 0,66$  coincide con il valore teorico  $\ln 2 = 0,69$ .

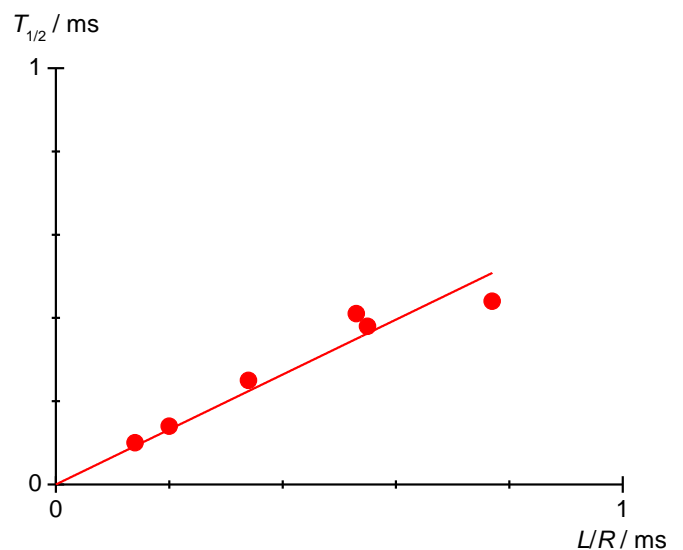


Fig. 6: Tempo di dimezzamento  $T_{1/2}$  in funzione di  $L / R$ .