

L'AUTOINDUZIONE E LA MUTUA INDUZIONE

Per avere l'induzione elettromagnetica non è necessaria la presenza di un campo magnetico esterno. Infatti:

la variazione della corrente in un circuito elettrico genera una forza elettromotrice indotta nel circuito stesso.

Questo fenomeno, che si chiama **autoinduzione**, accade, per esempio, quando si chiude l'interruttore di un circuito elettrico. In tal caso:

- la corrente, che prima era nulla, cresce rapidamente creando un campo magnetico sempre più intenso attraverso la superficie del circuito stesso;
- così il flusso di campo magnetico attraverso il circuito aumenta e si genera una corrente indotta che, per la legge di Lenz, tende a opporsi alla variazione di flusso che l'ha generata;
- l'effetto complessivo di queste due correnti, che circolano contemporaneamente in versi opposti, è quello di rallentare la crescita della corrente nel circuito (**figura 1**).

Quando si apre il circuito, invece, la corrente non si annulla istantaneamente, ma lo fa con un certo ritardo: l'apertura del circuito provoca una diminuzione del flusso magnetico e, di conseguenza, la corrente indotta circola nello stesso verso di quella che era prima presente (**figura 2**).

L'induttanza di un circuito

Il flusso di campo magnetico che attraversa un circuito è direttamente proporzionale all'intensità di corrente che fluisce nel filo che forma il circuito stesso; ciò è espresso dalla formula

$$\Phi(\vec{B}) = Li \quad (1)$$

La costante di proporzionalità L , che è caratteristica del circuito e del materiale in cui esso è immerso, è la grandezza fisica che descrive quanto è intenso l'effetto dell'autoinduzione.

L prende il nome di **coefficiente di autoinduzione** (o **induttanza**) del circuito. Nel Sistema Internazionale L si misura in Wb/A; questa unità di misura prende il nome di **henry** (H), dal nome del fisico statunitense Joseph Henry (1797-1878).

Negli schemi elettrici l'induttanza di un circuito o di un suo elemento è indicata con il simbolo grafico della **figura 3**. Quindi, per descriverne tutte le proprietà, un circuito che contiene un generatore, un resistore e un'induttanza deve essere ridisegnato come nella **figura 4**.

La grandezza L può rappresentare semplicemente il coefficiente di autoinduzione del circuito, oppure anche quello di una bobina inserita in serie nel circuito per amplificare l'effetto dell'autoinduzione. Un circuito elettrico come quello della figura precedente è detto **circuito RL**.

La definizione di L permette di scrivere la legge di Faraday-Neumann in una forma adatta allo studio dei circuiti elettrici. Infatti, se nell'intervallo di tempo Δt la corrente passa dal valore iniziale i_1 a quello finale i_2 la variazione di flusso nel circuito è

$$\Delta\Phi(\vec{B}) = \Phi_2 - \Phi_1 = Li_2 - Li_1 = L(i_2 - i_1) = L\Delta i$$

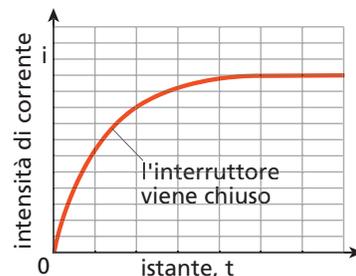


Figura 1 Alla chiusura di un circuito la corrente non arriva istantaneamente al valore richiesto dalla legge di Ohm, ma cresce in modo graduale.

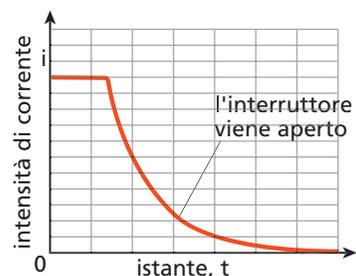


Figura 2 All'apertura di un circuito la corrente non passa istantaneamente al valore zero, ma diminuisce in modo graduale.



Figura 3 Simbolo circuitale dell'induttanza.

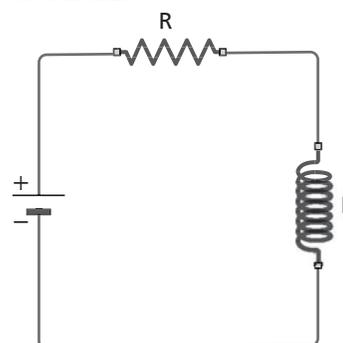


Figura 4 Schema circuitale che descrive, oltre che la resistenza R di un circuito elettrico, anche la sua induttanza L .

e la forza elettromotrice indotta vale

$$f_{em} = \frac{\Delta\Phi(\vec{B})}{\Delta t} = L \frac{\Delta i}{\Delta t} \quad (2)$$

La mutua induzione

Consideriamo ora due circuiti distinti. Un cambiamento della corrente i_1 che fluisce nel primo circuito provoca una variazione del flusso magnetico $\Phi_{1 \rightarrow 2}$ relativo al secondo circuito e quindi genera in esso una corrente di intensità i_2 . Anche in questo caso il flusso $\Phi_{1 \rightarrow 2}$ è direttamente proporzionale all'intensità della corrente che genera il flusso stesso, cioè a i_1 :

$$\Phi_{1 \rightarrow 2} = M i_1.$$

M è una costante caratteristica della forma dei due circuiti, della loro posizione relativa e della sostanza materiale in cui sono immersi.

La costante M si chiama **coefficiente di mutua induzione dei due circuiti**. Il nome deriva dal fatto che, se si inserisce un generatore nel secondo circuito, il flusso $\Phi_{2 \rightarrow 1}$ presente nel primo circuito è dovuto alla corrente i_2 che fluisce nel secondo è direttamente proporzionale alla corrente stessa, con la stessa costante di proporzionalità che si aveva nel caso precedente:

$$\Phi_{2 \rightarrow 1} = M i_2.$$

In modo analogo al caso dell'autoinduzione è possibile ricavare, dalla conoscenza di M , la forza elettromotrice indotta nei due circuiti.

Per esempio, la forza elettromotrice $f_{em}^{1 \rightarrow 2}$ che sorge nel secondo circuito a causa della variazione di i_1 è data dalla formula

$$f_{em}^{1 \rightarrow 2} = M \frac{\Delta i_1}{\Delta t} \quad (3)$$

Unità di misura di M

Nel Sistema Internazionale M si misura in henry (H) perché, come il coefficiente di autoinduzione L , è dato dal rapporto tra un flusso di campo magnetico e un'intensità di corrente.

ESERCIZI

DOMANDE SUI CONCETTI

1 **Test.** Il flusso di campo magnetico che attraversa un circuito e l'intensità di corrente che scorre nel filo hanno tra loro una relazione di:

- A** proporzionalità diretta.
- B** proporzionalità inversa.
- C** proporzionalità quadratica.
- D** nessun tipo.

PROBLEMI

2 **★★★** In un circuito è presente una corrente elettrica continua di intensità $i = 3,4$ A. Il coefficiente di autoinduzione del circuito è $L = 7,3 \times 10^{-5}$ T.

- ▶ Quanto vale il flusso di campo magnetico attraverso il circuito? [$2,5 \times 10^{-4}$ Wb]

3 **★★★** Un circuito in cui il flusso di un campo magnetico vale $8,0 \times 10^{-5}$ Wb è percorso da una corrente di intensità $8,0 \times 10^{-1}$ A.

- ▶ Quanto vale l'induttanza del circuito?

[$1,0 \times 10^{-4}$ H]

4 **★★★** Un circuito ha un coefficiente di autoinduzione di $5,5 \times 10^{-1}$ H. L'intensità della corrente passa da 0 a $5,0 \times 10^{-1}$ A in 4,0 s.

- ▶ Calcola la forza elettromotrice indotta nel circuito.

[69 mV]

5 **★★★** Una coppia di circuiti ha un coefficiente di mutua induzione di 35 mH. All'inizio, la corrente che scorre nel primo circuito ha un'intensità di 0,85 A. In seguito, l'intensità della corrente aumenta fino a 1,8 A in 4,5 s.

- ▶ Calcola la variazione del flusso magnetico relativo al secondo circuito.
- ▶ Calcola la forza elettromotrice indotta nel secondo circuito.

[$3,3 \times 10^{-2}$ Wb; 7,4 mV]