

FENOMENI ELETTROMAGNETICI DIPENDENTI DAL TEMPO

Prima parte

Indice degli argomenti

- 1 Legge di Faraday-Neumann
- 2 Legge di Lenz
- 3 Autoinduzione

Che cosa succede se il flusso $\Phi(\mathbf{B})$ concatenato con il circuito, varia nel tempo?

Se varia il flusso del campo magnetico si genera corrente

Si supponga, per esempio, che tra circuito induttore e circuito indotto vi sia movimento reciproco. Ciò comporta una variazione, nel tempo, del flusso $\Phi(\mathbf{B})$ concatenato con il circuito indotto:

$$\frac{d}{dt}\Phi(\mathbf{B}) \neq 0$$

Tale variazione produce nel circuito indotto un campo elettrico (indotto)

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q}$$

in grado di orientare il moto dei portatori di carica.

Che cosa succede se il flusso $\Phi(\mathbf{B})$ concatenato con il circuito, varia nel tempo? (Continuazione)

Il lavoro che compie il campo elettrico indotto per far eseguire all'unità di carica un giro completo nel circuito si chiama **forza elettromotrice indotta** e si denota con f_i

$$f_i = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

Legge di Faraday-Neumann

La legge fu trovata sperimentalmente da Michael Faraday (1791 - 1867) e venne poi espressa matematicamente dal fisico tedesco Franz Ernst Neumann (1798-1895).

Legge di Faraday-Neumann

Se il flusso $\Phi(\mathbf{B})$ varia nel tempo, allora nel circuito si induce una forza elettromotrice indotta che eguaglia la variazione di flusso

$$f_i = \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \frac{d}{dt} \Phi(\mathbf{B})$$

Legge di Faraday-Neumann.

Corrente indotta

Per trovare l'intensità della **corrente indotta** basta ricordare la prima legge di Ohm:

$$i_i = \frac{1}{R} \frac{d}{dt} \Phi(\mathbf{B})$$

dove R indica la resistenza (ohmica) del circuito.

L'intensità della corrente è quindi direttamente proporzionale alla variazione di flusso.

Legge di Faraday-Neumann.

Osservazione importante

Il campo elettrico indotto \mathbf{E} è in grado di far muovere delle cariche elettriche lungo un percorso chiuso; pertanto il lavoro

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

compiuto da \mathbf{E} lungo una traiettoria chiusa è **diverso da zero**.

Al contrario del campo elettrostatico, il **campo elettrico indotto non è conservativo**.

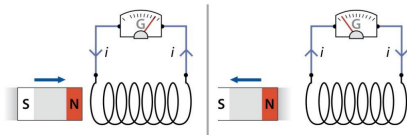
Qual è il verso della corrente indotta?

Si potrebbe pensare che con l'induzione elettromagnetica si ottenga dell'energia elettrica gratis, ma così non è. Il fisico russo Heinrich Friedrich Emil Lenz (1804-1865) fece la seguente scoperta: **la corrente indotta in una spira ha un verso tale da opporsi alla variazione di flusso che l'ha prodotta**. In altre parole,

Legge di Lenz (1834).

La corrente indotta genera essa stessa un campo magnetico che tende ad opporsi alla variazione di flusso che l'ha generato.

Che cosa succede quando si avvicina un magnete a una bobina?



Quindi, per la legge di Faraday-Neumann, nella bobina inizia a circolare una corrente indotta che, a sua volta, genera un campo magnetico indotto che **tende ad opporsi** al campo magnetico generato dal magnete in movimento.

Che cosa succede quando si avvicina un magnete a una bobina? Continuazione.

1. Caso di un magnete che si avvicina a una bobina con il polo nord rivolto verso di essa (si veda la figura).

- 1 Nella bobina **aumenta** il campo magnetico \mathbf{B} prodotto dal magnete naturale e **aumenta** il flusso magnetico $\Phi(\mathbf{B})$ che la attraversa.
- 2 Nella bobina comincia a circolare corrente che genera un campo magnetico indotto \mathbf{B}_i opposto a \mathbf{B} .
- 3 Si crea una forza magnetica **repulsiva** che si oppone all'avvicinamento.

Che cosa succede quando si avvicina un magnete a una bobina? Continuazione.

2. Caso di un magnete che si allontana da una bobina con il polo nord rivolto verso di essa (si veda la figura).

- 1 Nella bobina **diminuisce** il campo magnetico \mathbf{B} prodotto dal magnete naturale e **diminuisce** il flusso magnetico $\Phi(\mathbf{B})$ che la attraversa.
- 2 Nella bobina comincia a circolare corrente che genera un campo magnetico indotto \mathbf{B}_i opposto a \mathbf{B} .
- 3 Si crea una forza magnetica **attrattiva** che si oppone all'allontanamento.

Che cosa succede quando si avvicina un magnete a una bobina? Continuazione.

Il principio di conservazione dell'energia è rispettato

In entrambi i casi il lavoro che si compie per avvicinare (allontanare) il magnete alla bobina è pari all'energia elettromagnetica prodotta.

Autoinduzione

Si consideri un circuito nel quale circola corrente elettrica $i = i(t)$ **variabile nel tempo**.

Tale corrente genera un campo magnetico $\mathbf{B}(t)$ variabile nel tempo e un flusso magnetico $\Phi(\mathbf{B})$ autoconcatenato (anch'esso variabile) direttamente proporzionale alla corrente che lo genera

$$\Phi(\mathbf{B}) = L i$$

La costante $L = \frac{\Phi(\mathbf{B})}{i}$ dipende dalla geometria del circuito e si chiama **coefficiente di autoinduzione o induttanza**.

Autoinduzione. Continuazione

Dalla legge di Faraday-Neumann-Lenz si ottiene:

$$\begin{aligned}f_i &= - \frac{d}{dt} \Phi(\mathbf{B}) \\ &= - \frac{d}{dt} (Li) \\ &= - L \frac{di}{dt}\end{aligned}$$

Autoinduzione. Continuazione

Il significato dell'uguaglianza $f_i = -L \frac{di}{dt}$ è il seguente:

La variazione di flusso $\Phi(\mathbf{B})$ induce nel circuito una **corrente autoindotta** che si oppone alla corrente principale; se la corrente principale aumenta ($\frac{di}{dt} > 0$) allora la corrente autoindotta circola nel circuito in senso contrario, mentre se la corrente principale diminuisce ($\frac{di}{dt} < 0$) essa circola nello stesso senso.