

## Appunti induzione elettromagnetica (cap.15)

2 **F.E.M CINETICA (=INDOTTA IN UN CONDUTTORE IN MOTO):**  $f.e.m. = v \cdot B \cdot l$  (nel caso il conduttore sia una barretta di lunghezza  $l$  che si muove con velocità  $v$  in direzione perpendicolare ad un campo magnetico di intensità  $B$  essendo  $v, B, l$  mutuamente perpendicolari)

3 **LEGGE DI FARADAY** (UK,1791-1867) – **NEUMANN** (De,1798-1895):

All'interno di un circuito elettrico si genera una corrente indotta quando varia, **per qualunque motivo**, il FLUSSO del campo magnetico  $\Phi(\vec{B}) = \vec{B} \cdot \vec{A}$  attraverso la superficie delimitata dal circuito stesso. Tuttavia, poiché nel circuito indotto non esistono punti tra i quali calcolare una differenza di potenziale (non c'è alcun generatore) si preferisce esprimere tale legge in termini di forza elettromotrice:

$$f.e.m. = -\frac{\Delta\Phi(\vec{B})}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta t \rightarrow 0} -\frac{d\Phi(\vec{B})}{dt}$$

la f.e.m. si misura in volt [V]

il flusso di campo magnetico si misura in weber [wb]=[T·m<sup>2</sup>]=[V·s]

Forza magnetica che si oppone alla variazione di flusso magnetico  $\vec{F} = l \cdot \vec{i} \times \vec{B}$

4 **LEGGE DI LENZ** (Ru,1804-1865): *“la corrente indotta ha un verso tale da generare un campo magnetico indotto che si oppone alla variazione del flusso magnetico che l’ha provocata”*

Ad esempio, se il campo esterno sta aumentando, la corrente indotta genera un campo magnetico di verso opposto che ne riduce il flusso; se viceversa il campo esterno sta diminuendo, la corrente indotta genera un campo magnetico che ha lo stesso verso del campo esterno, compensando in parte, quindi, la sua diminuzione

se **PER ASSURDO** la corrente indotta fosse tale da generare un campo magnetico dello stesso verso di quello che l’ha generato, tale campo magnetico aumenterebbe la variazione di flusso totale e quindi l’intensità della corrente indotta; tale processo non avrebbe termine e genererebbe una quantità di energia illimitata violando il **PRINCIPIO di CONSERVAZIONE dell’ENERGIA**.

5 **L’ALTERNATORE E I CIRCUITI SEMPLICI IN CORRENTE ALTERNATA:**

richiami M.C.U.:  $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\theta}{t} \rightarrow \theta = \omega t \rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$

richiami circuiti CC: 1° **Legge di Ohm:**  $V = I \cdot R$ , se la corrente è alternata:  $V(t) = I(t) \cdot R$ ;  $P(t) = I(t) \cdot V(t)$

**prima legge di Kirchhoff** o legge dei nodi o legge delle correnti:

*“la corrente totale entrante in un nodo deve essere uguale alla corrente totale uscente dal nodo”*

**seconda legge di Kirchhoff** o legge delle maglie o legge delle tensioni:

*“in un circuito chiuso la somma algebrica delle differenze di potenziale è nulla”*

## 6 MUTUA INDUZIONE E AUTOINDUZIONE:

per effetto della MUTUA INDUZIONE, la f.e.m. media indotta nella bobina secondaria induce una variazione di corrente  $I_{prim}$  nel circuito primario

$$f.e.m._{second.} = -M \frac{\Delta I_{prim}}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta t \rightarrow 0} -M \frac{dI(t)}{dt}$$

per effetto della AUTOINDUZIONE, la f.e.m. media indotta nella bobina induce una variazione di corrente  $I$  nel circuito stesso

$$f.e.m. = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta t \rightarrow 0} -L \frac{dI(t)}{dt}$$

**INDUTTANZA**  $L$  di una bobina è la costante di proporzionalità fra la f.e.m. indotta e la variazione di corrente nel tempo:

INDUTTANZA di un solenoide di lunghezza  $l$ , con  $N$  avvolgimenti e sezione con area  $A$ :  $L = \mu_0 \frac{N^2}{l} A$

$$\text{L'induttanza si misura in henry: } [H] = \left[ \frac{V \cdot s}{A} \right] = \left[ \frac{T \cdot m^2}{A} \right]$$

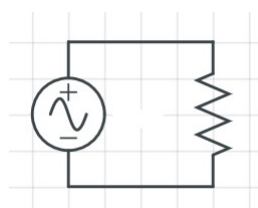
ENERGIA immagazzinata in un solenoide:  $energia = \frac{1}{2} LI^2$

DENSITA' di ENERGIA  $densità\ di\ energia = \frac{energia}{volume} = \frac{1}{2\mu_0} B^2$

## 7 CIRCUITI SEMPLICI IN CORRENTE ALTERNATA:

**CIRCUITO RESISTIVO:** tensione e corrente hanno la stessa fase ( $\omega t$ )

[per la legge delle tensioni, si ha:  $V(t) - V_R = 0$ ]



$$V_R = V(t) = \omega AB \cdot \text{sen}(\omega t) = V_{max} \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$I(t) = \frac{\omega AB}{R} \cdot \text{sen}(\omega t) = I_{max} \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$P(t) = I(t) \cdot V(t)$$

$$P_{media} = \frac{I_{max} \cdot V_{max}}{2} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \rightarrow I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}; V_{eff} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

In accordo con la **legge di Galileo Ferraris** (Livorno Piemonte, 1847-1897)  $P_{media} = I_{eff} \cdot V_{eff} \cdot \cos(\phi) = I_{eff} \cdot V_{eff} \cdot \cos(0^\circ) = I_{eff} \cdot V_{eff}$

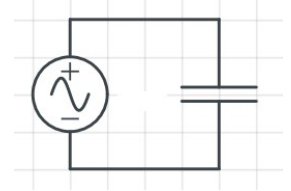
**CIRCUITO CAPACITIVO:** per la legge delle maglie, si ha:  $V(t) - V_C = 0 \rightarrow V(t) - \frac{Q(t)}{C} = 0$

$$V(t) = V_{max} \cdot \text{sen}(\omega t) \quad I(t) = \omega C \cdot V_{max} \cdot \cos(\omega t) = \omega C \cdot V_{max} \cdot \text{sen}\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

La tensione **NON** è in fase con la corrente (sfasamento  $\phi=90^\circ \rightarrow$  la corrente anticipa la tensione di  $90^\circ$ )

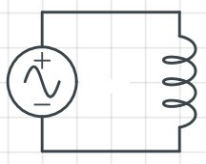
$$P_{media} = I_{eff} \cdot V_{eff} \cdot \cos(90^\circ) = 0$$

$$V_{eff} = \frac{1}{\omega C} \cdot I_{eff} = X_C \cdot I_{eff} \quad X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi f \cdot C} \quad X_C \text{ Reattanza capacitiva, } [\Omega]$$



→ Il condensatore offre resistenza limitata al passaggio di C.A. e grande resistenza la passaggio di C.C.

**CIRCUITO INDUTTIVO:** per la legge delle tensioni, si ha:  $V(t) - V_L = 0 \rightarrow V(t) - L \frac{dI(t)}{dt} = 0$



$$V(t) = V_{max} \cdot \sin(\omega t) \quad I(t) = -\frac{V_{max}}{\omega L} \cdot \cos(\omega t) = \frac{V_{max}}{\omega L} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

**La tensione NON è in fase con la corrente** (sfasamento  $\phi = -90^\circ \rightarrow$  la corrente ritarda sulla tensione di  $90^\circ$ )

$$P_{media} = I_{eff} \cdot V_{eff} \cdot \cos(-90^\circ) = 0$$

$$V_{eff} = \omega L \cdot I_{eff} = X_L \cdot I_{eff}$$

$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi f \cdot L \quad \text{Reattanza induttiva, } [\Omega]$$

→ l'induttore offre resistenza limitata al passaggio di C.C. e grande resistenza la passaggio di C.A.

### 8-9 circuiti RLC in corrente alternata

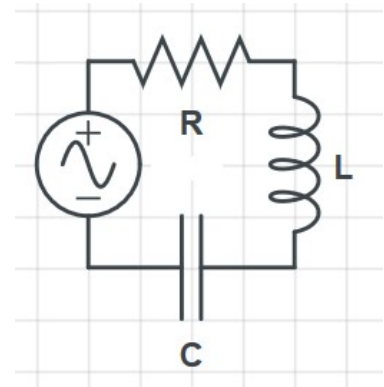
$$\text{Impedenza del circuito: } Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\text{Angolo di sfasamento: } \tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$\text{Potenza media, legge di Galileo Ferraris: } P_{media} = I_{eff} \cdot V_{eff} \cdot \cos(\phi)$$

$$\cos(\phi) \text{ è detto "FATTORE di POTENZA": } \cos(\phi) = \frac{R}{Z}$$

$$\text{FREQUENZA DI RISONANZA: } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



Osservazione: alla **FREQUENZA DI RISONANZA:**

- l'angolo di sfasamento è zero,
- $X_L = X_C$
- $Z = R$  il circuito si comporta come se fosse puramente resistivo (in questo caso  $\cos(\phi) = R/Z = 1$ )

### 10 il TRASFORMATORE

$$\text{Equazioni del TRAFORMATORE: } \frac{I_s}{I_p} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$