

# **ELEMENTI DI IMPIANTI E MACCHINE ELETTRICHE**

Corso di Laurea in Ingegneria Industriale  
Anno Accademico 2014-2015

## **Campo magnetico rotante**

Prof. Mario Montagna  
Prof. Francesco Benzi  
Università di Pavia  
e-mail: [fbenzi@unipv.it](mailto:fbenzi@unipv.it)

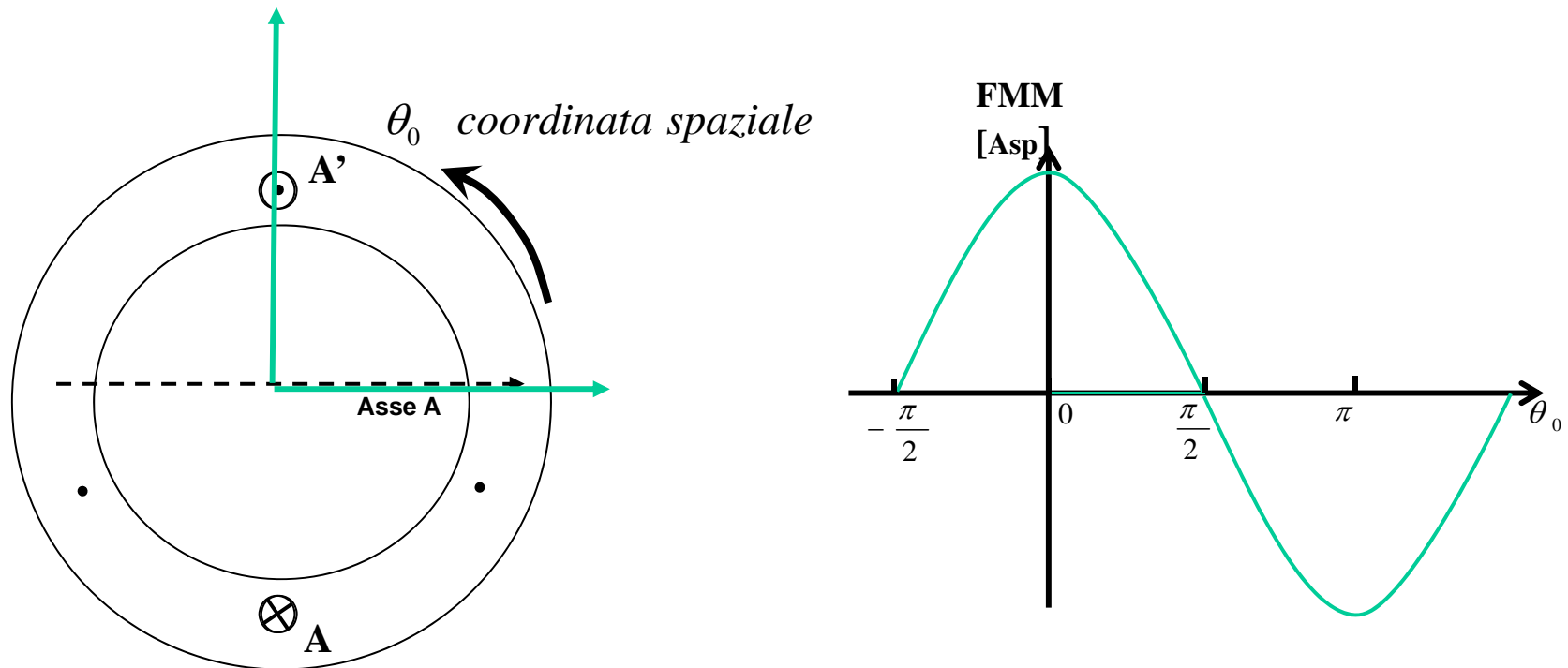
# Campo magnetico rotante



Motore asincrono trifase

# Campo magnetico rotante

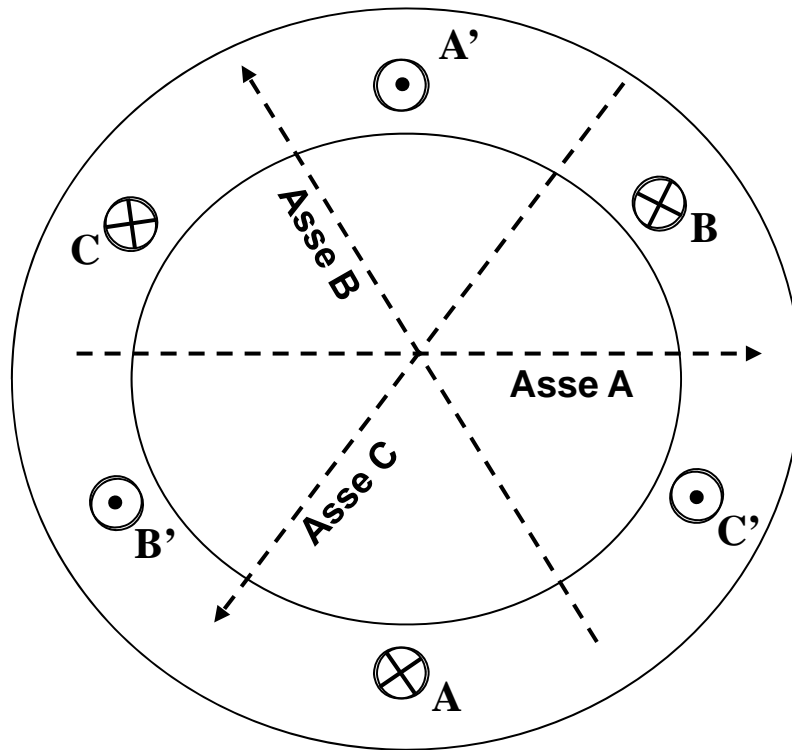
- La forza magnetomotrice (FMM) prodotta da un singolo avvolgimento concentrato identifica una direzione del campo magnetico secondo l'asse normale alla sezione dell'avvolgimento, con una polarità N-S che dipende dal verso della corrente; tuttavia il campo magnetico non è concentrato solamente lungo l'asse principale, ma è distribuito lungo la periferia del traferro. Si può costruire la macchina e distribuire gli avvolgimenti in modo che l'andamento del campo lungo il traferro sia di tipo sinusoidale.



- Il campo prodotto da un singolo avvolgimento percorso da corrente alternata modifica la sua intensità e cambia segno periodicamente, ma mantiene sempre la stessa direzione (**campo pulsante**). Per produrre una coppia stabile è necessario un **campo rotante**.

# Campo magnetico rotante (macchina a due poli)

- Per generare un **campo rotante** è necessario disporre sulla macchina più di un avvolgimento, es. 3 (vedi figura) distribuiti regolarmente a distanza meccanica di  $120^\circ$ , percorsi da un sistema equilibrato di correnti trifase.
- Ciascuna di esse produce una FMM e una distribuzione di campo lungo il traferro che si somma nell'ipotesi di sovrapposizione degli effetti.



$$i_A(t) = I_M \cos \omega t$$

$$i_B(t) = I_M \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$i_C(t) = I_M \cos \left( \omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

# Campo magnetico rotante

- La forza magnetomotrice prodotta dalle tre fasi ciascuna con N spire: distribuzione nello spazio.

$$M_A(\theta_0) = Ni_A \cos \theta_0$$

$$M_B(\theta_0) = Ni_B \cos\left(\frac{2}{3}\pi - \theta_0\right)$$

$$M_C(\theta_0) = Ni_C \cos\left(\frac{4}{3}\pi - \theta_0\right)$$

$$M_A(\theta_0) = NI_M \cos \omega t \cos \theta_0 = \frac{NI_M}{2} \cos(\omega t + \theta_0) + \frac{NI_M}{2} \cos(\omega t - \theta_0)$$

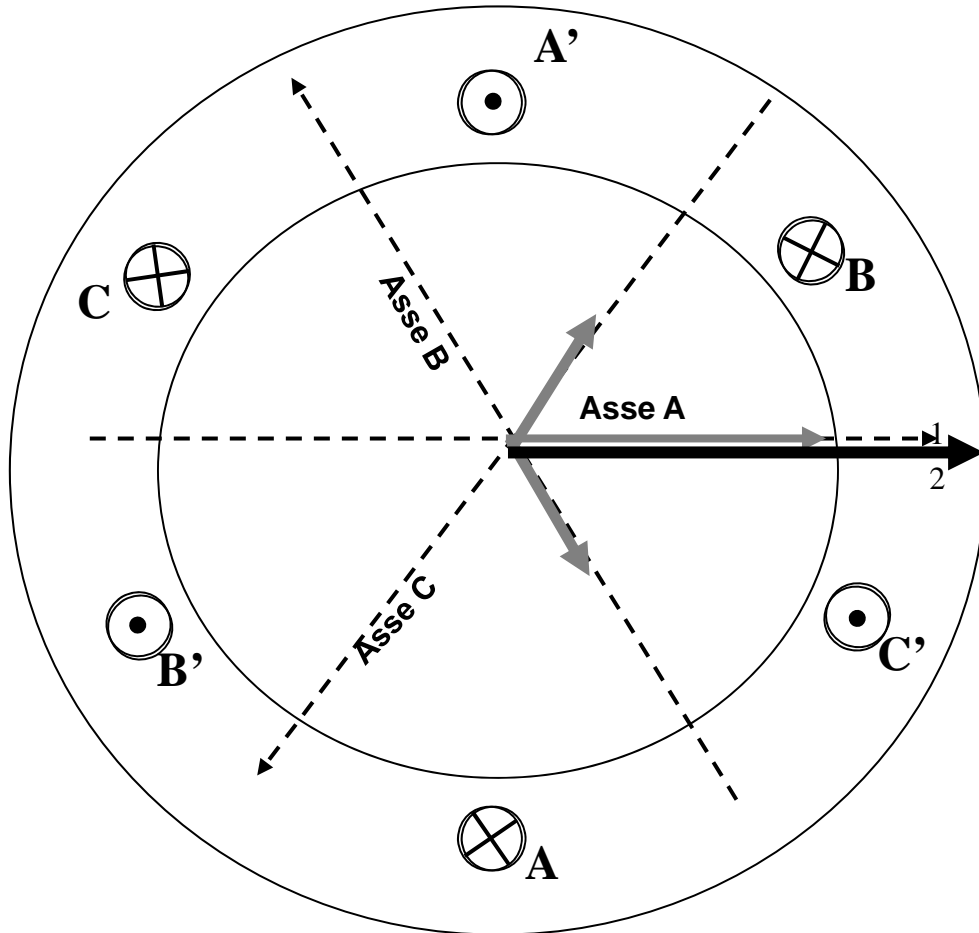
$$M_B(\theta_0) = NI_M \cos\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi\right) \cos\left(\frac{2}{3}\pi - \theta_0\right) = \frac{NI_M}{2} \cos\left(\omega t + \theta_0 - \frac{4}{3}\pi\right) + \frac{NI_M}{2} \cos(\omega t - \theta_0)$$

$$M_C(\theta_0) = NI_M \cos\left(\omega t - \frac{4}{3}\pi\right) \cos\left(\frac{4}{3}\pi - \theta_0\right) = \frac{NI_M}{2} \cos\left(\omega t + \theta_0 - \frac{2}{3}\pi\right) + \frac{NI_M}{2} \cos(\omega t - \theta_0)$$

$$M(t, \theta_0) = M_A + M_B + M_C = \frac{3}{2} NI_M \cos(\omega t - \theta_0)$$

**Quest'ultima è l'espressione di una grandezza (fmm) che varia nel tempo e nello spazio, cioè di un campo rotante**

# Campo magnetico rotante



$$\omega t = 0^\circ$$

$$i_A(t) = I_M$$

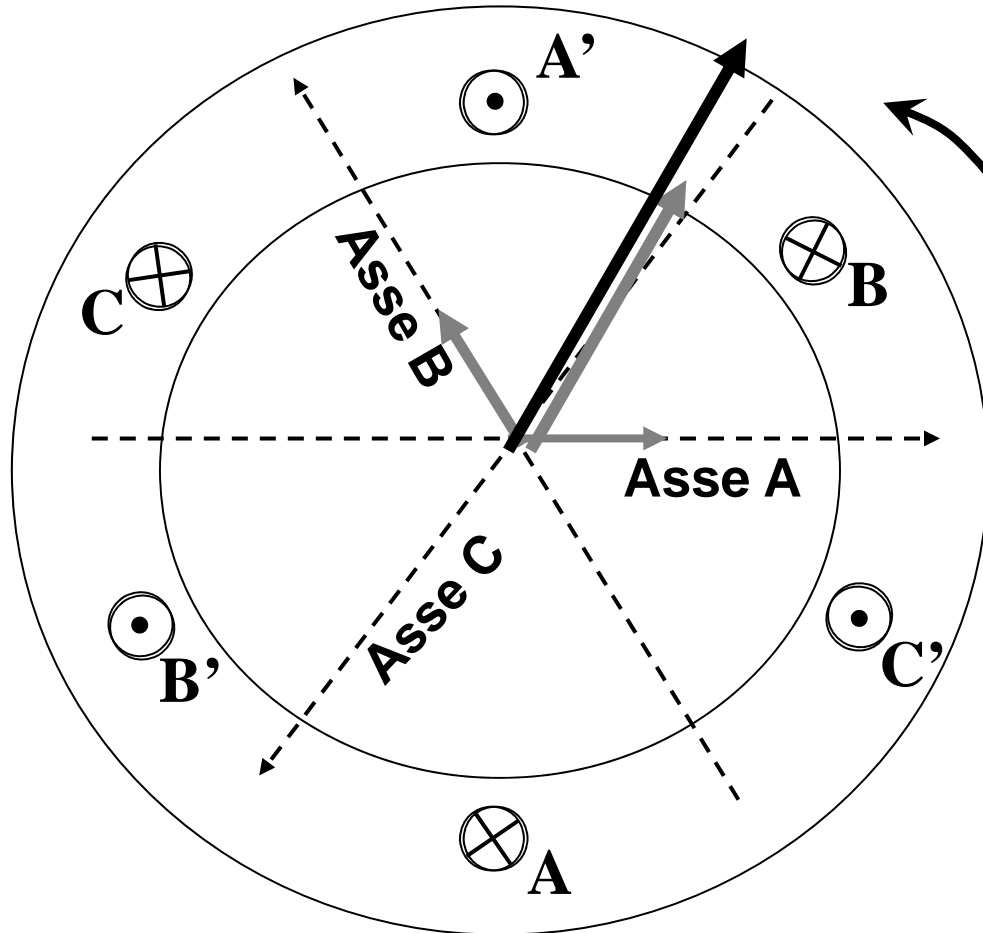
$$i_B(t) = -\frac{1}{2}I_M$$

$$i_C(t) = -\frac{1}{2}I_M$$

La forza magnetomotrice complessiva :

$$\begin{aligned} & \left| N\bar{I}_A + N\bar{I}_B + N\bar{I}_C \right| = \\ & = \frac{3}{2}NI_M \end{aligned}$$

# Campo magnetico rotante



$$\omega t = 60^\circ$$

$$i_A(t) = \frac{1}{2} I_M$$

$$i_B(t) = \frac{1}{2} I_M$$

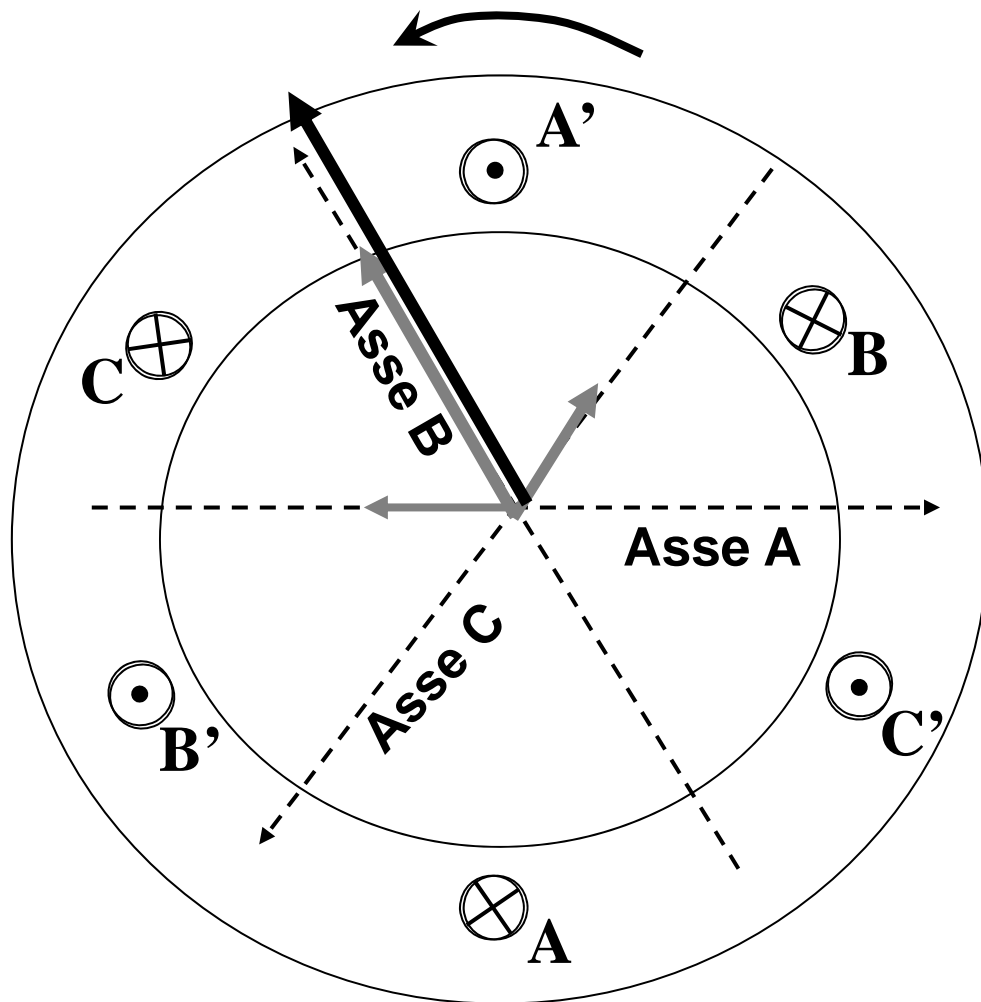
$$i_C(t) = -I_M$$

La forza magnetomotrice risultante :

$$\left| N\bar{I}_A + N\bar{I}_B + N\bar{I}_C \right| =$$

$$= \frac{3}{2} NI_M$$

# Campo magnetico rotante



$$\omega t = 120^\circ$$

$$i_A(t) = -\frac{1}{2} I_M$$

$$i_B(t) = I_M$$

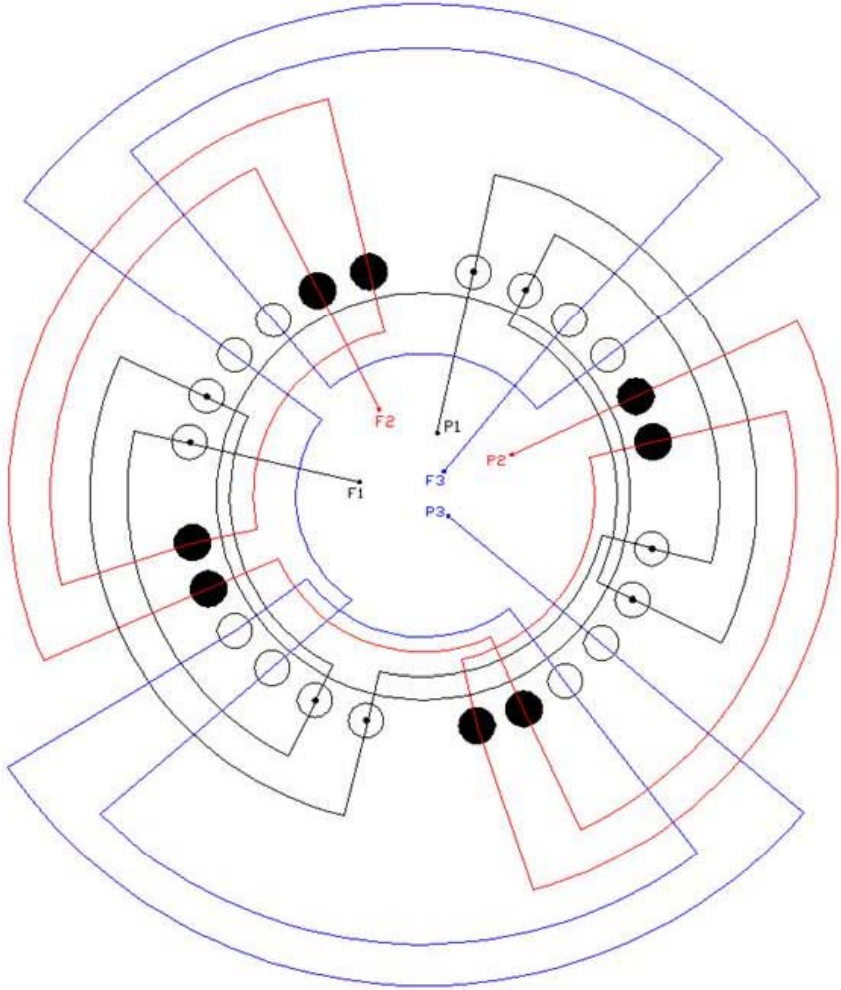
$$i_C(t) = -\frac{1}{2} I_M$$

La forza magnetomotrice risultante :

$$\begin{aligned} & \left| N\bar{I}_A + N\bar{I}_B + N\bar{I}_C \right| = \\ & = \frac{3}{2} NI_M \end{aligned}$$



# Campo magnetico rotante (macchina a pp coppie polari)



Avvolgimento trifase per una soluzione a 4 poli

## Campo magnetico rotante (macchina a pp coppie polari)

$$M(t, \theta_0) = \frac{3}{2} NI_M \cos(\omega t - (pp)\theta_0)$$

- Il senso di rotazione è determinato dalla sequenza delle fasi (in questo caso antiorario).
- La velocità meccanica è determinata dalla pulsazione delle grandezze elettriche:

$$\omega_m = \frac{\omega}{(pp)}$$

- Un campo magnetico rotante può essere prodotto anche da due avvolgimenti disposti nello spazio con uno sfasamento di  $90^\circ$  elettrici, percorsi da correnti in quadratura. O in generale da sistemi a n fasi distribuiti in modo simmetrico nello spazio e alimentati da correnti equilibrate sfasate in modo opportuno.