

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'energia

***Relazione per la prova finale
«Motore sincro: modello dinamico
e funzionamento in cortocircuito»***

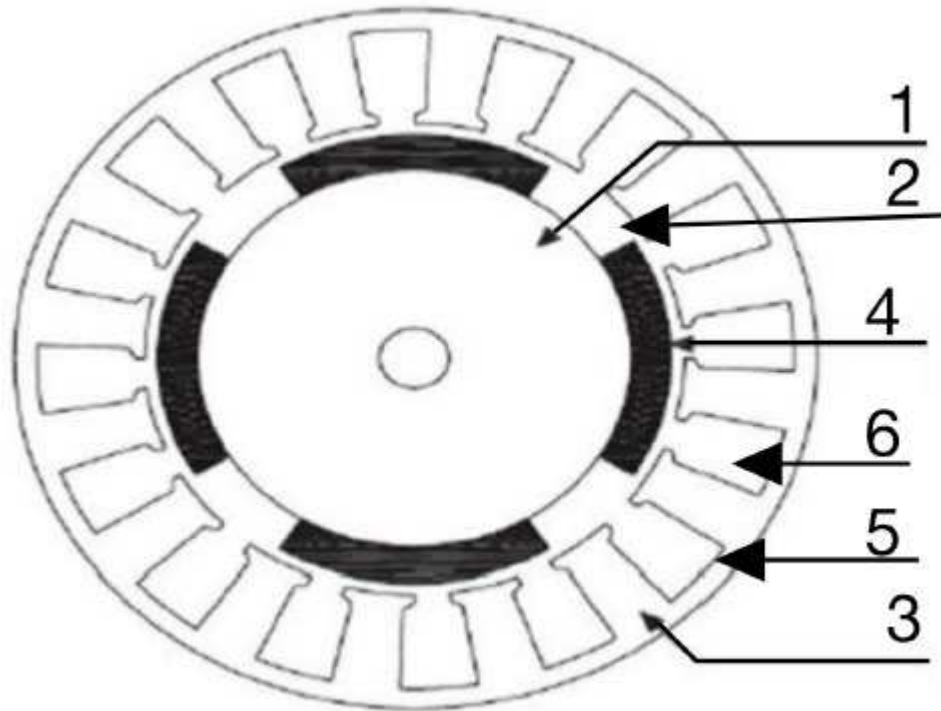
Tutor universitario: Prof. Luigi Alberti

Laureando: *Davide Corradi*

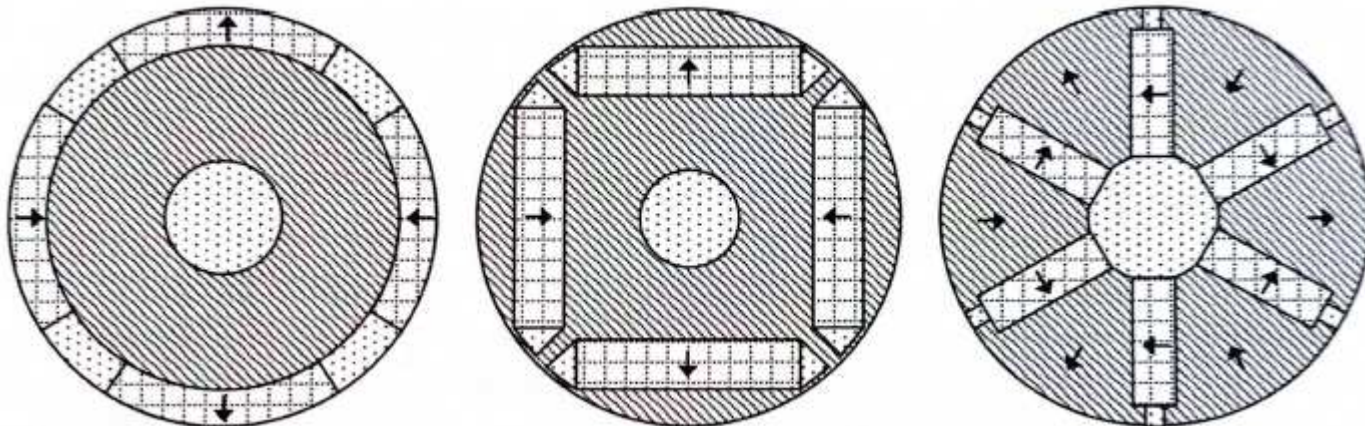
Padova, 20/09/2024

L'obiettivo di questa tesi è quello di:

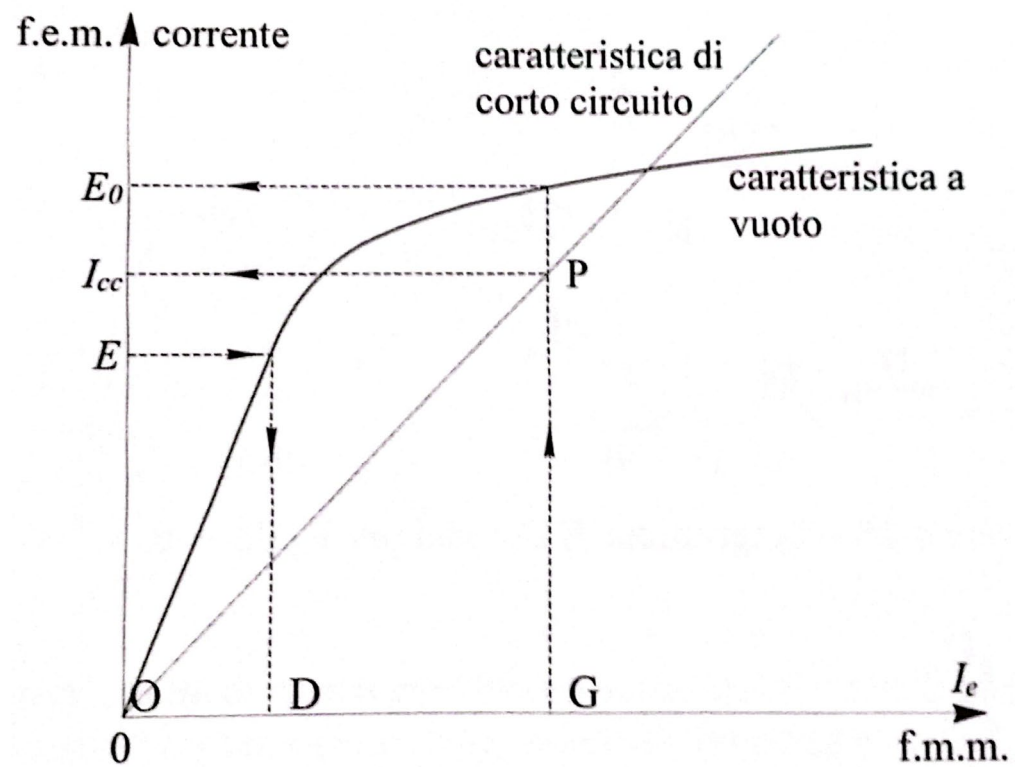
- fornire una visione più ampia dei motori sincroni a magneti permanenti osservando il funzionamento in condizione stazionarie e non e la struttura;
- rappresentare il funzionamento tramite il modello dinamico descrivendo tutti i passaggi utili per arrivare a rappresentare lo schema a blocchi;
- esporre un'applicazione di un motore specifico durante un funzionamento in cortocircuito risolvendo prima numericamente e poi tramite il software Plecs.



- 1 rotore
- 2 traferro
- 3 statore
- 4 magneti permanenti
- 5 cave statoriche
- 6 avvolgimenti statorici

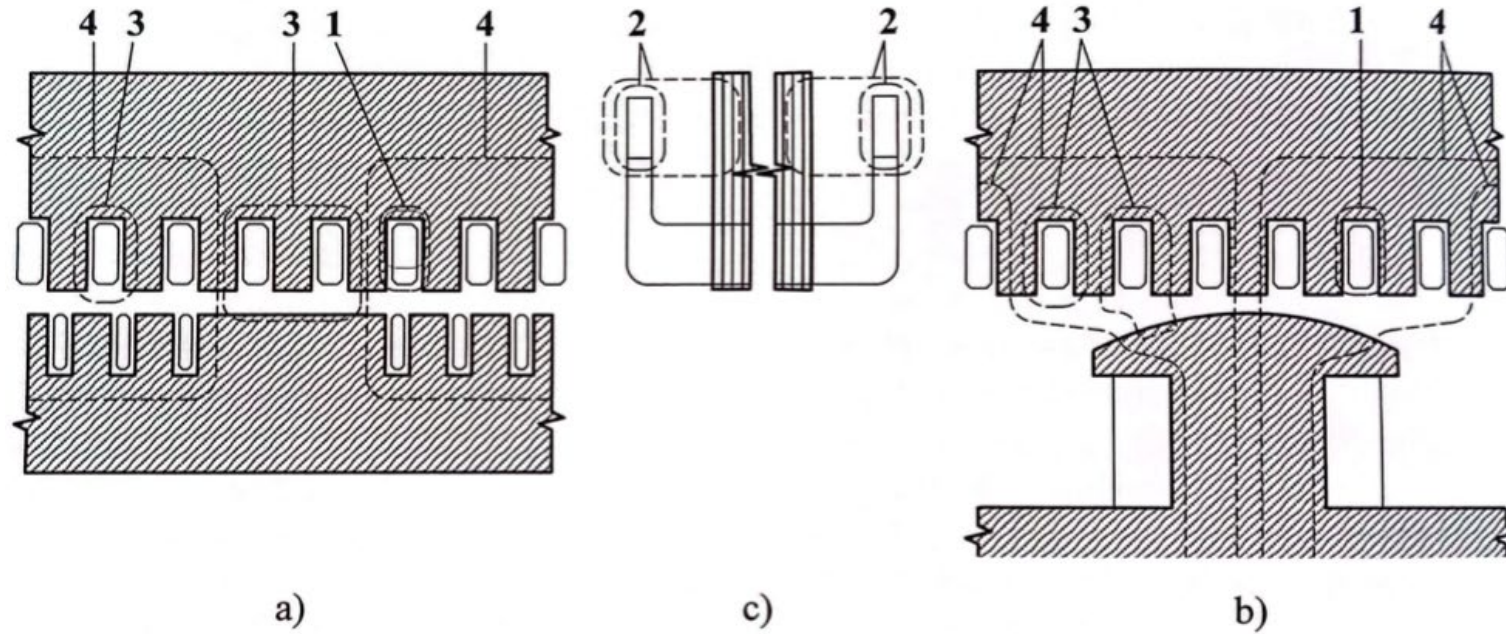


Possibili modi per posare i magneti permanenti

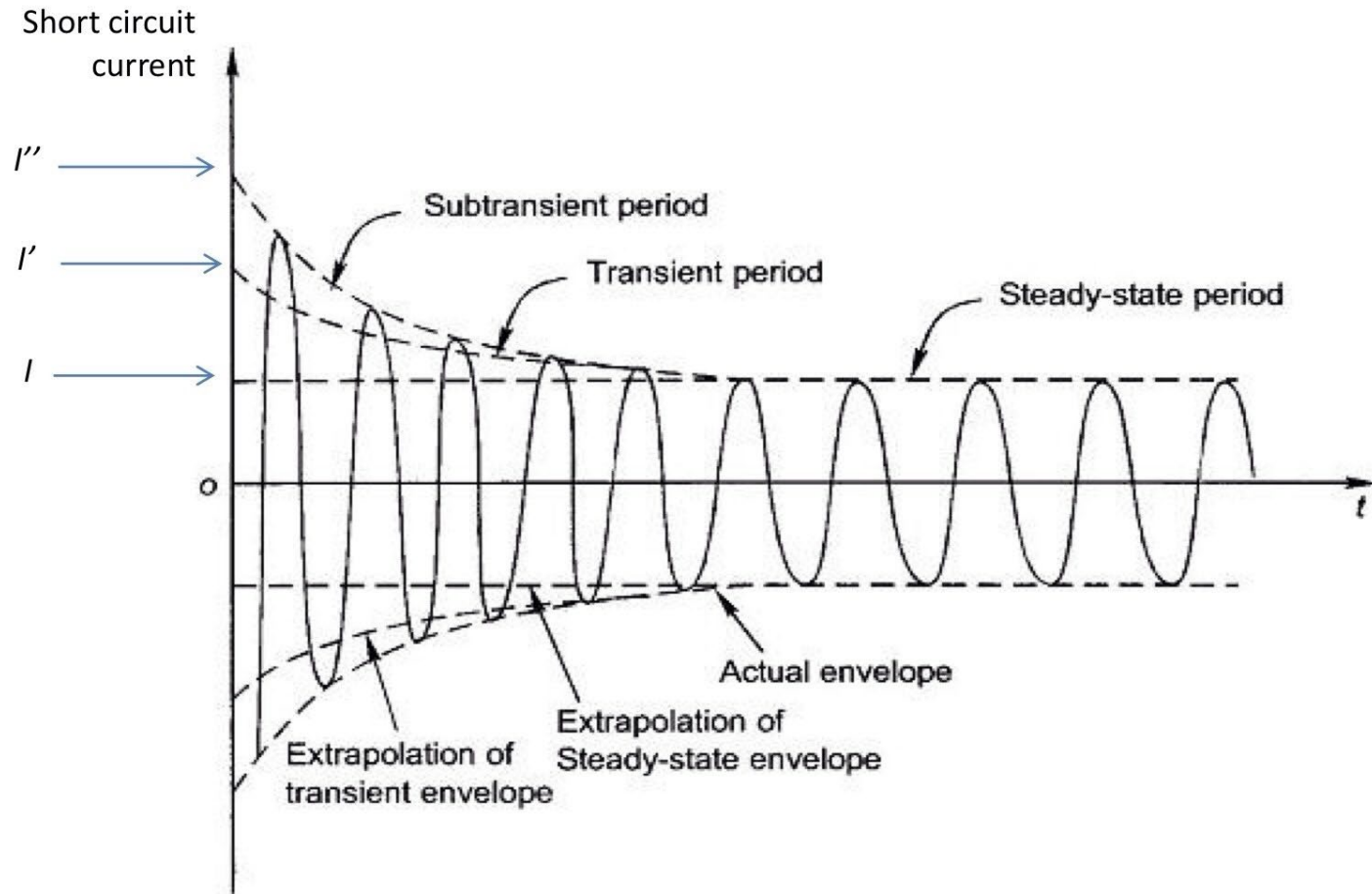


Il funzionamento si divide in tre fasi principalmente

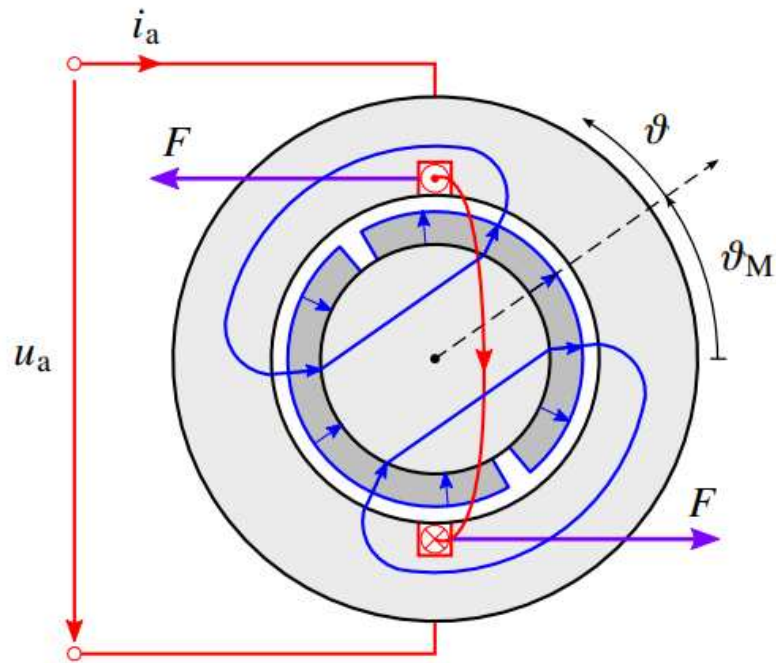
- A vuoto
- A carico
- In cortocircuito



Flussi del motore sincrono che incidono sulla variazione di tensione da vuoto a carico

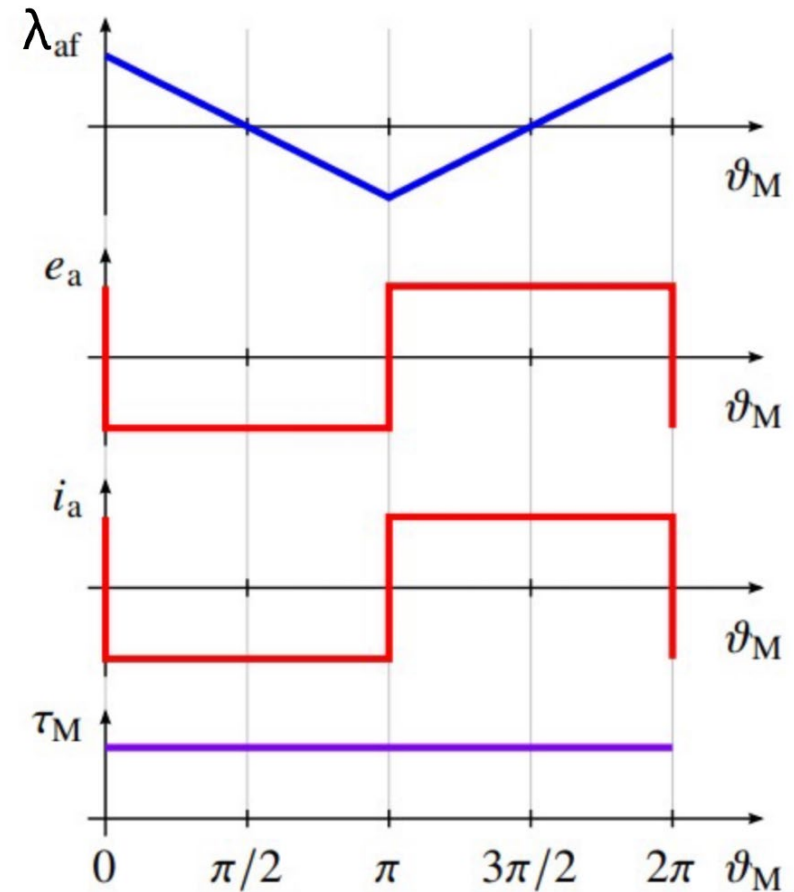


Variazione della corrente durante un cortocircuito e relative componenti

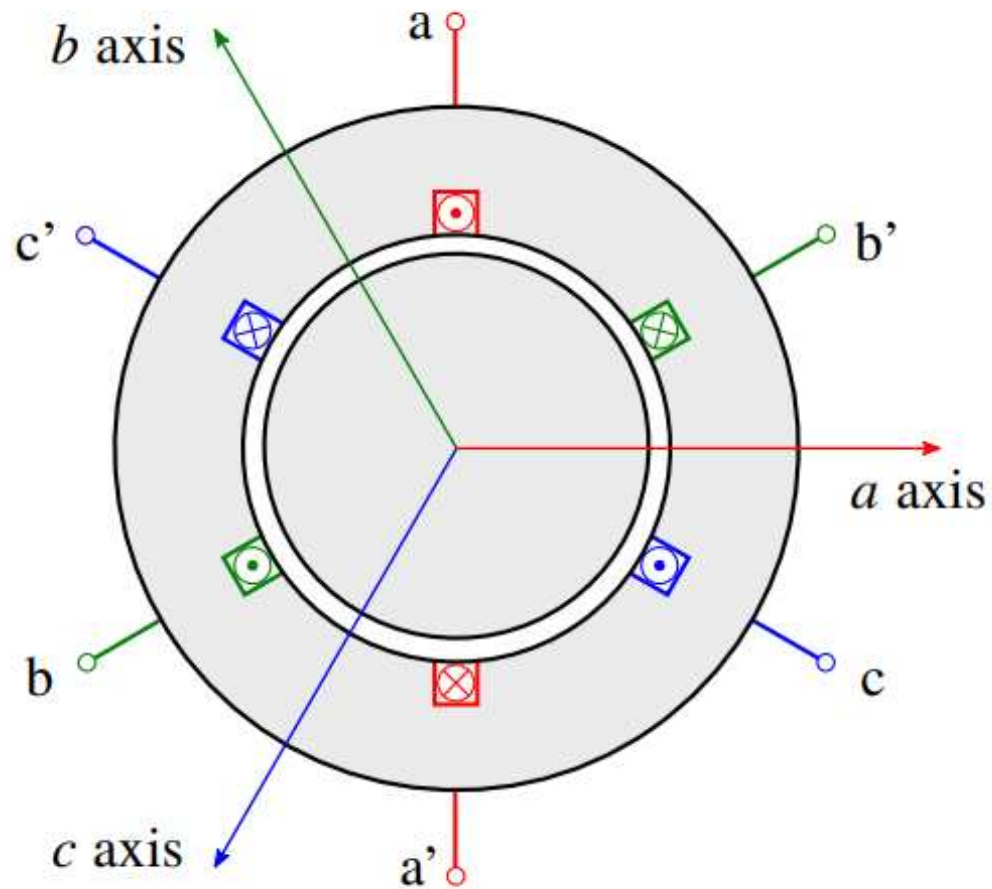


$$\lambda_a = L_a i_a + \lambda_{af} \theta_m$$

$$u_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + \omega_m \frac{d\lambda_{af}}{d\theta_m}$$



Andamento parametri principali del motore monofase



$$\begin{aligned} u_a &= R_s i_a + \frac{d\lambda_a}{dt} \\ u_b &= R_s i_b + \frac{d\lambda_b}{dt} \\ u_c &= R_s i_c + \frac{d\lambda_c}{dt} \end{aligned}$$

$$\lambda_a = L i_a + M(i_b + i_c) + \lambda_f \cos(\theta_m)$$

$$\lambda_b = L i_b + M(i_a + i_c) + \lambda_f \cos\left(\theta_m - \frac{2\pi}{3}\right)$$

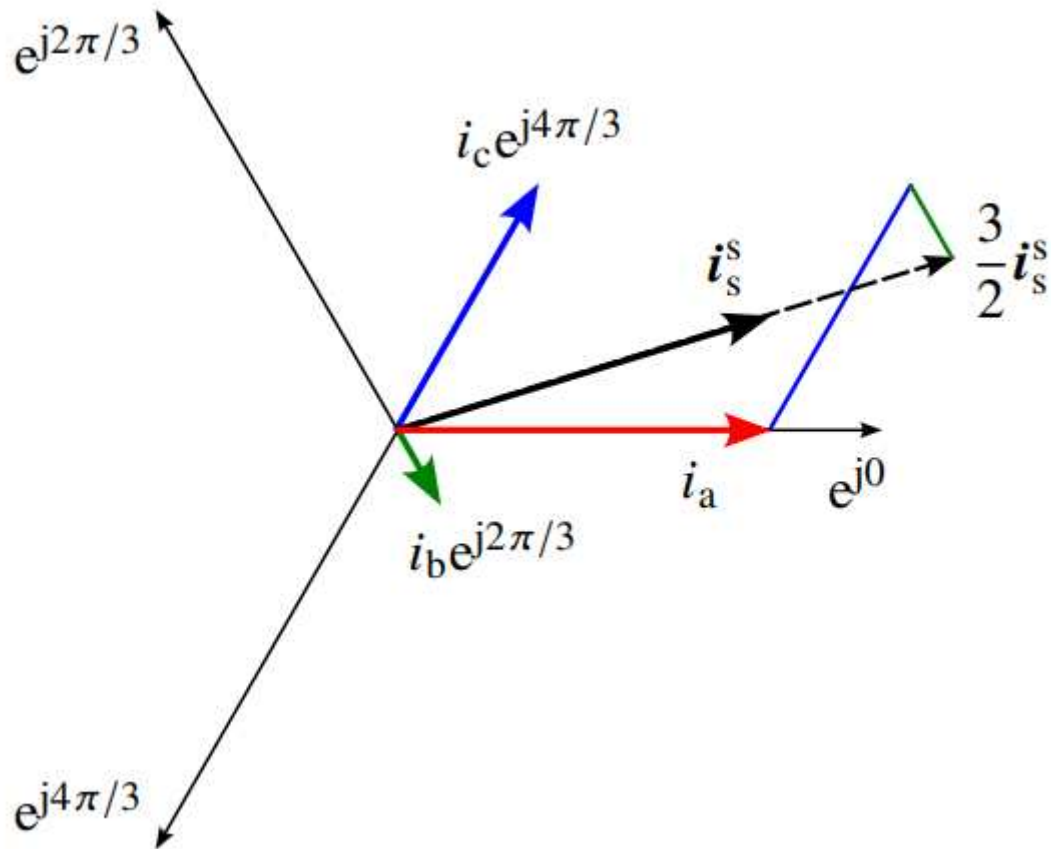
$$\lambda_c = L i_c + M(i_a + i_b) + \lambda_f \cos\left(\theta_m - \frac{4\pi}{3}\right)$$

Definendo $L_s = L - M$ e considerando che la somma delle correnti è nulla

$$\lambda_a = L_s i_a + \lambda_f \cos \theta_m$$

$$\lambda_b = L_s i_b + \lambda_f \cos\left(\theta_m - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$\lambda_c = L_s i_c + \lambda_f \cos\left(\theta_m - \frac{4\pi}{3}\right)$$

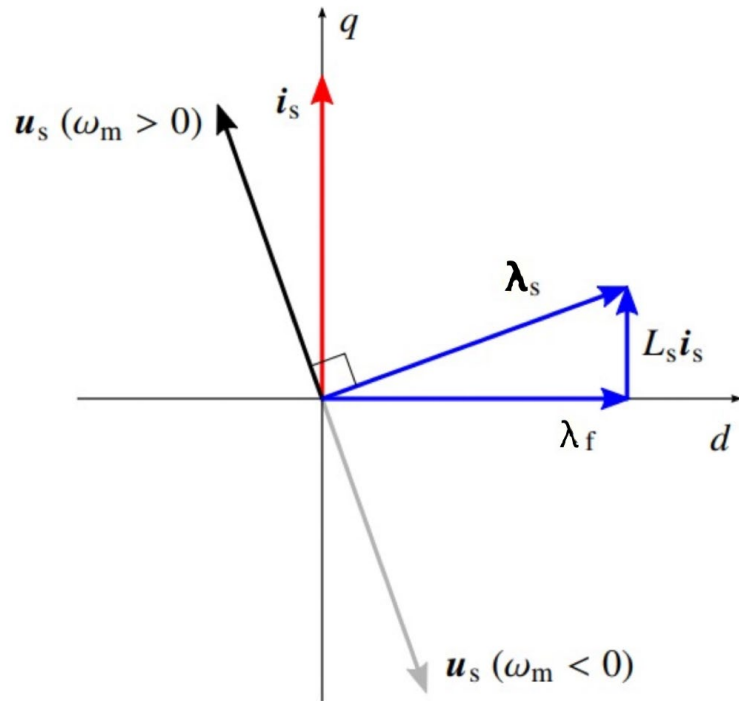


$$i_s^s = \frac{2K}{3} (i_a + i_b e^{j\frac{2\pi}{3}} + i_c e^{j\frac{4\pi}{3}})$$

$$i_a = \frac{1}{K} \operatorname{Re}[i_s^s] + i_0$$

$$i_b = \frac{1}{K} \operatorname{Re}[i_s^s e^{-j\frac{2\pi}{3}}] + i_0$$

$$i_c = \frac{1}{K} \operatorname{Re}[i_s^s e^{-j\frac{4\pi}{3}}] + i_0$$



$$u_s = R_s i_s + \frac{d\lambda_s}{dt} + j\omega_m \lambda_s$$

$$\lambda_s = L_s i_s + \lambda_f$$

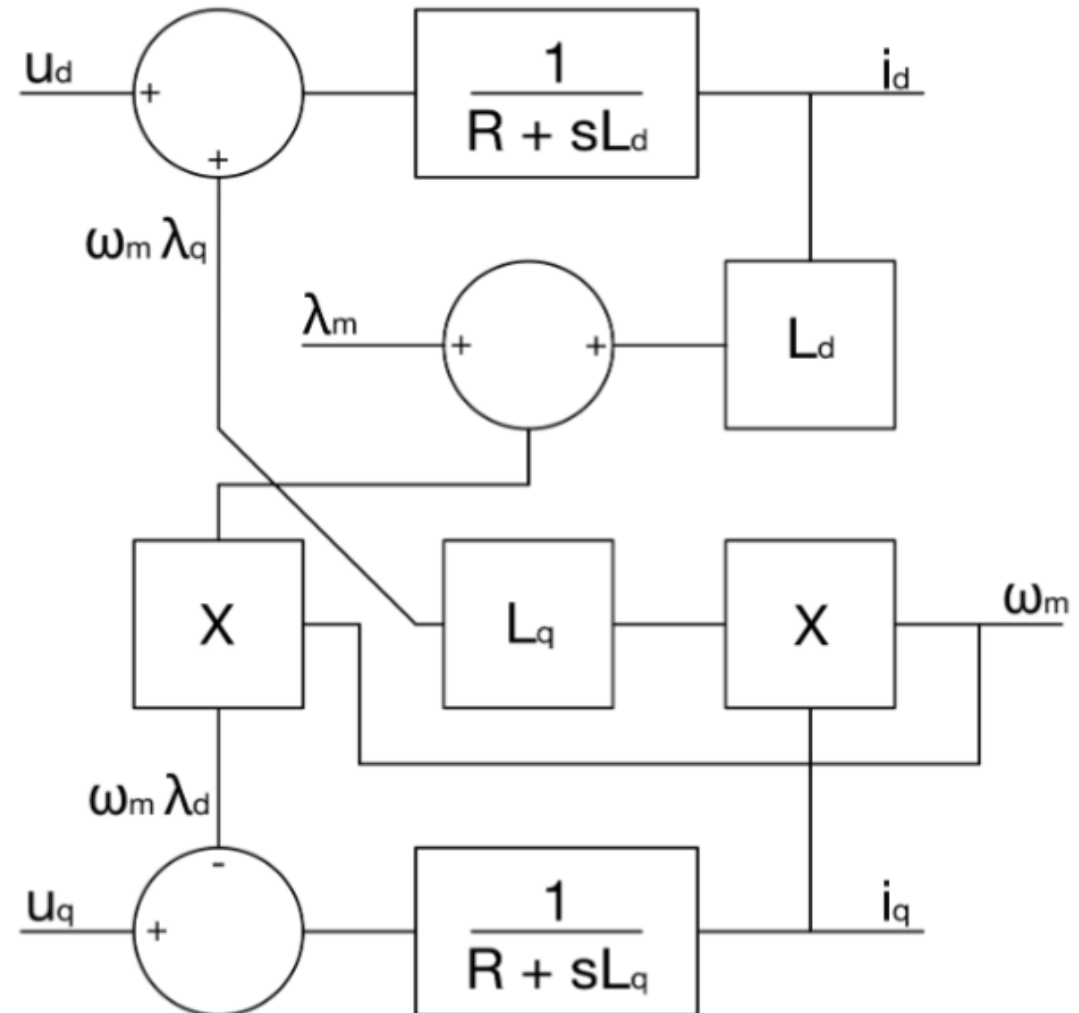
$$\tau_m = \frac{3n_p}{2K^2} \lambda_f i_q$$

$$\begin{cases} Re : u_d = R_s i_d + \frac{d\lambda_d}{dt} - \omega_m \lambda_q \\ Im : u_q = R_s i_q + \frac{d\lambda_q}{dt} + \omega_m \lambda_d \end{cases}$$

$$\begin{cases} Re : u_d = R_s i_d + L_d \frac{di_d}{dt} - \omega_m \lambda_q \\ Im : u_q = R_s i_q + L_q \frac{di_q}{dt} + \omega_m \lambda_d \end{cases}$$

$$\begin{cases} Re : U_d = (R + sL)I_d - \omega_m \lambda_q \\ Im : U_q = (R + sL)I_q + \omega_m \lambda_d \end{cases}$$

Passaggi per arrivare alla rappresentazione del funzionamento del motore sincrono tramite schema a blocchi e raffigurazione



DATI

$$2p = 8$$

$$\lambda_m = 0,122Wb$$

$$I_m = 200A \quad (\text{valore efficace})$$

$$\hat{I}_m = \sqrt{2} * 200A \quad (\text{valore di picco})$$

$$L_d = L_q = 30mH \quad (\text{indica che il motore è isotropo})$$

$$R = 2\Omega \quad (\text{trascurabile})$$

$$\omega_m = 4000rpm$$

SVOLGIMENTO

$$f = \frac{\omega_m [rad/s]}{2\pi} = 66.67Hz$$

$$X_d = \omega_m L_d = 2\Omega$$

$$X_q = \omega_m L_q = 2\Omega$$

$$X_s = X_d = X_q = 2\Omega$$

$$I_q = 0$$

$$I_d = -\frac{\lambda_m}{L_d} = -4.06A$$

$$I_s = I_d + JI_q = -4.06 + J0A$$

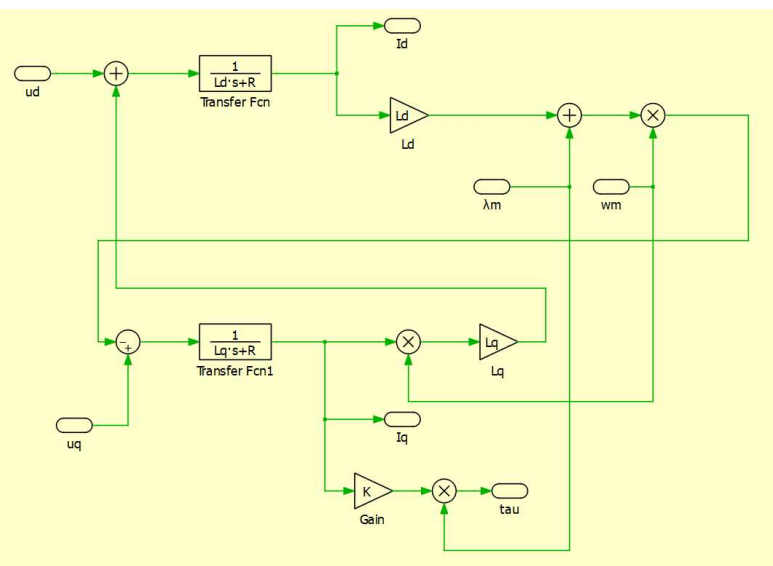
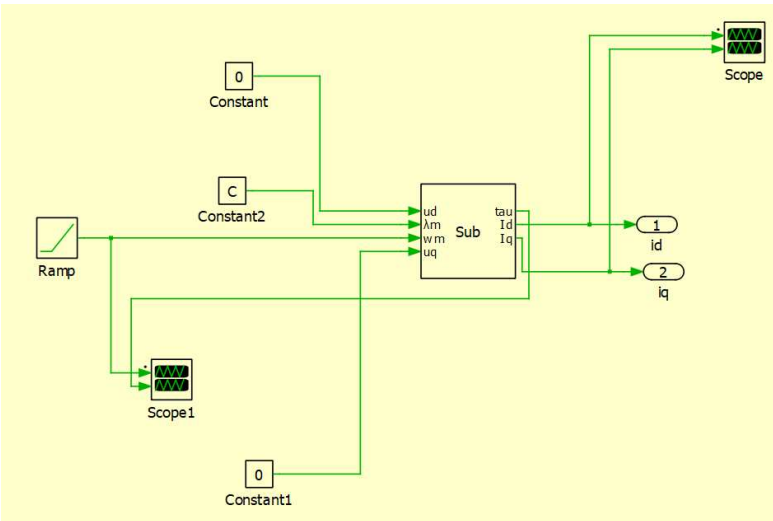
$$I_a = \frac{1}{K} Re[I_s] = 2.03 \angle 0^\circ A$$

$$I_b = \frac{1}{K} Re[I_s e^{-J\frac{2\pi}{3}}] = 2.03 \angle -120^\circ A$$

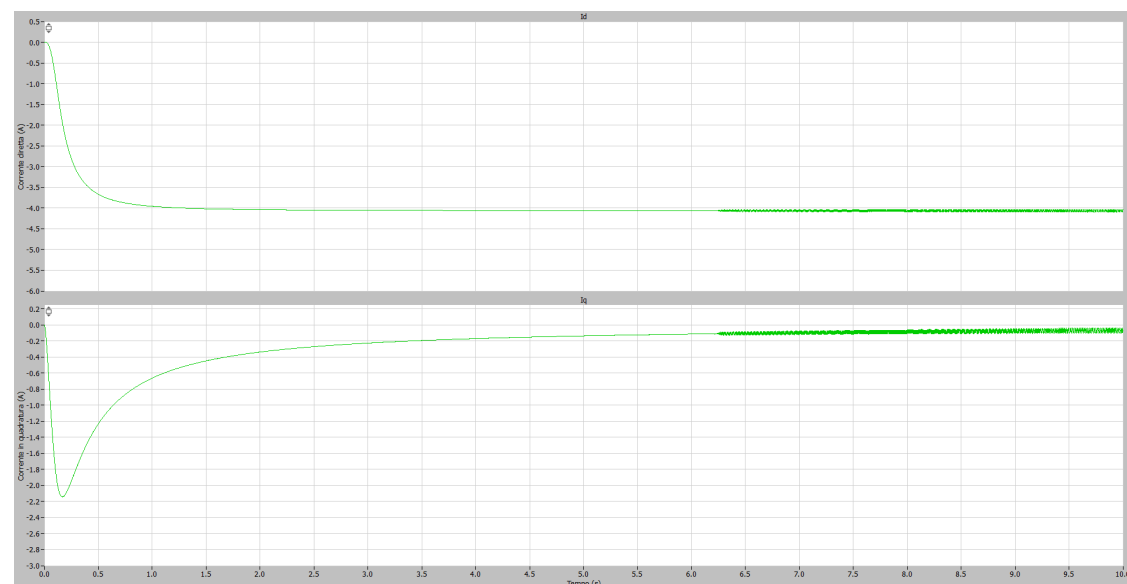
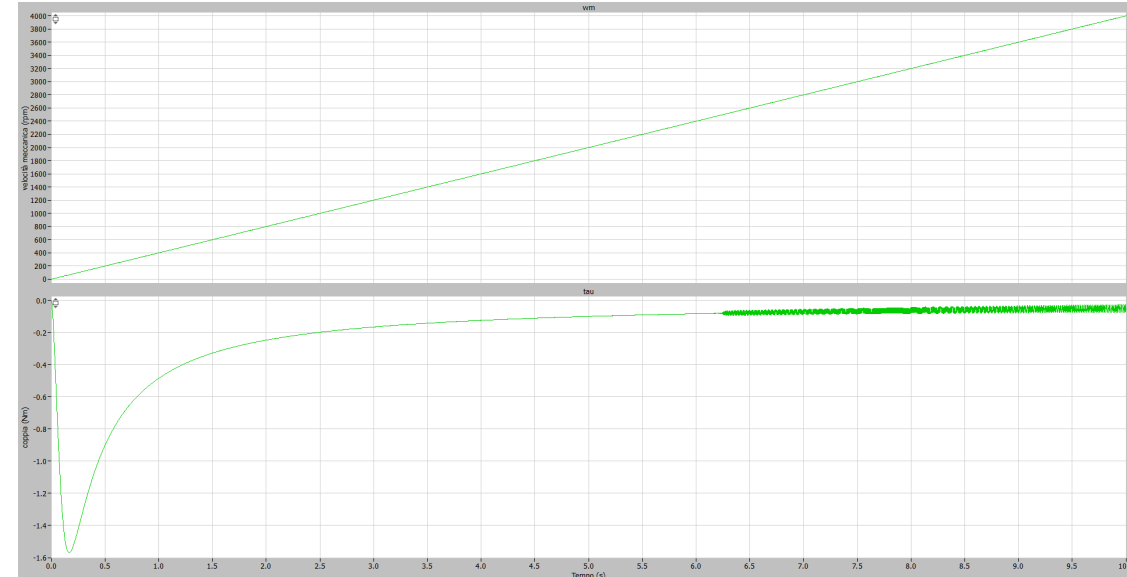
$$I_c = \frac{1}{K} Re[I_s e^{-J\frac{4\pi}{3}}] = 2.03 \angle -240^\circ A$$

$$\tau = \frac{3}{2} p \lambda_m i_q = 0Nm$$

Schema a blocchi



Andamenti corrente, coppia e velocità



GRAZIE PER
L'ATTENZIONE