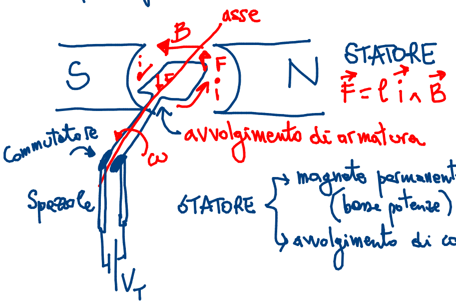
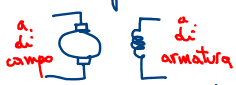
Controllo di Motore DC

Principio di funzionamento del motore in continua

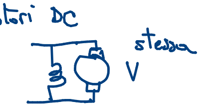


STATORE $\begin{cases} \text{magnete permanente (basse potenze)} \\ \text{avvolgimento di campo} \end{cases}$

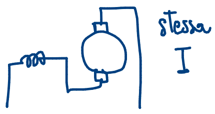
Classificazione dei motori DC



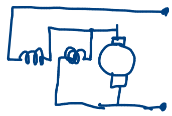
• Eccitazione separata



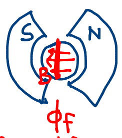
• Eccitazione in derivazion



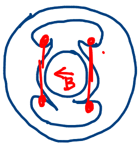
• Eccitazione serie



• Eccitazione composta



ϕ_f flusso del campo magnetico concatenato con l'avv. di armatura



I_f corrente nell'avv. di campo

$\Phi_f = K_f I_f$

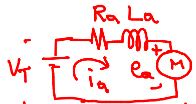
Coppia $\quad T_{em} = K_t \phi_f i_a$ ← costante di coppia

Forza elettromotrice indotta sull'avv. di armatura $\quad e_a = K_e \phi_f \omega_m$ ← velocità angolare; K_e ← costante di tensione

Potenza meccanica $\quad T_{em} \cdot \omega_m = K_T \phi_f i_a \omega_m$

Potenza elettrica $\quad e_a i_a = K_e \phi_f \omega_m i_a$

nel caso ideale $K_e = K_T$ (altrimenti $K_e > K_T$)



avvolgimento di armatura

$$V_T(s) = (R_a + L_a s)\, i_a(s) + e_a(s)$$

$$T_{em} = T_W + J\dot{\omega}_m + B\omega_m$$

T_{em}: coppia elettromotrice; T_W: coppia es. sul carico; J: momento d'inerzia; B: attrito

Condizioni stazionarie

$T_{em} = K_T \phi_f I_a$

$E_a = K_e \phi_f \omega_m$

$$V_T = R_a I_a + E_a = \frac{R_a T_{em}}{K_T \phi_f} + K_e \phi_f \omega_m$$

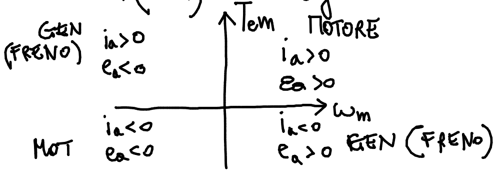
$$\omega_m = \frac{1}{K_e \phi_f}\left[V_T - \frac{R_a T_{em}}{K_T \phi_f}\right]$$

in frenata

• riduciamo $V_T \rightarrow V_T < e_a$

• i_a cambia segno
e_a NON cambia segno [per l'inerzia del motore]

• T_{em} ($\propto i_a$) cambia segno → FRENATA

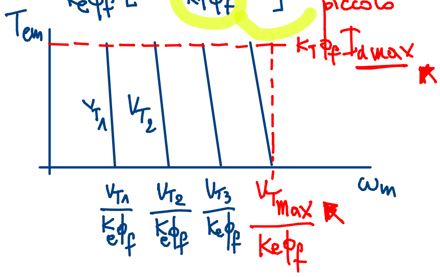


Macchina con magnete permanente

ϕ_f cost.

$$\omega_m = \frac{1}{K_e\phi_f}\left[V_T - \frac{R_a}{K_T\phi_f}T_{em}\right]$$

piccolo



Macchina con avvolgimento di campo

→ posso ottenere ω_f superiori (eccitazione indipendente)

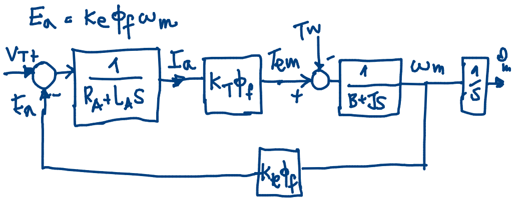
Modello del motore in continua
(modello di piccolo segnale)

$$V_T = E_a + (R_a + L_a s) I_a$$

$$T_{em} = K_T\phi_f I_a$$

$$T_{em} = J s\,\omega_m + B\omega_m + T_W$$

$$E_a = K_e\phi_f\,\omega_m$$



$$G = \frac{\omega_m}{V_T} = \frac{K_T\phi_f\,\frac{1}{R_a+L_as}\cdot\frac{1}{B+Js}}{1 + K_T\phi_f\,\frac{1}{R_a+L_as}\cdot\frac{1}{B+Js}\,K_e\phi_f}$$

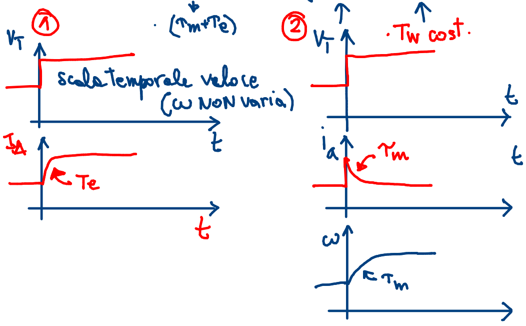
$$G = \frac{\omega_m}{V_T} = \frac{K_T\phi_f}{(R_a+L_as)(B+Js) + K_eK_T\phi_f^2}$$ ← 2 poli

tras B

$$G = \frac{K_T\phi_f}{L_aJs^2 + R_aJs + K_eK_T\phi_f^2} = \frac{\frac{1}{K_e\phi_f}}{\underbrace{\frac{L_aJ}{K_eK_T\phi_f^2}}_{\tau_e\tau_m}s^2 + \underbrace{\frac{R_aJ}{K_eK_T\phi_f^2}}_{\tau_m}s + 1}$$

$$\tau_m \triangleq \frac{R_aJ}{K_eK_T\phi_f^2} \qquad \tau_e = \frac{L_a}{R_a}$$

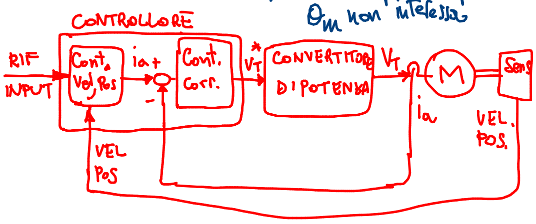
$$G = \frac{1/K_e\phi_f}{\tau_m\tau_e s^2 + \underbrace{\tau_m s}_{(\tau_m+\tau_e)} + 1} \simeq \frac{1/K_e\phi_f}{(\tau_m s+1)(\tau_e s+1)}$$



Applicazioni tipiche

1) Servomotori ⟹ bassi tempi di risposta, controllo preciso di ω_m, θ_m

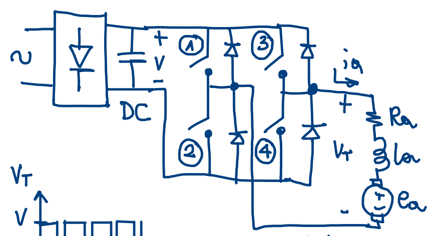
2) Controllo di velocità ⟹ alti tempi di risposta, θ_m non interessa

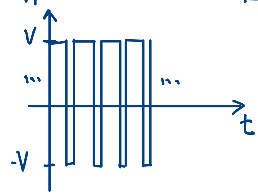


Convertitore di potenza

- $I_a \lessgtr 0 \quad V_T \gtrless 0$
- $\overline{V_T}$ proporzionale a V_T^*
- risposta veloce
- buon fattore di forma $F = \dfrac{I_{a\,rms}}{\langle I_a \rangle}$ (~ 1)

→ DC-DC con interruttori controllati

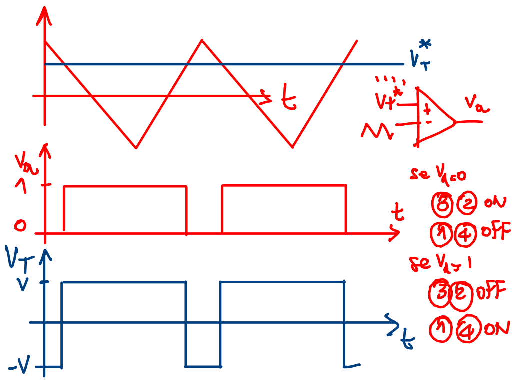




Controllo PWM di V_T

$\langle V_T \rangle = (2\delta - 1)V$

δ duty cycle



$$V_T = E_a + (R_a + L_a s) I_a$$

$$V_T + v_t(t) = E_a + \underbrace{R_a\left(I_a + i_a(t)\right)}_{\text{trascurare le perdite}} + L_a \frac{di_a}{dt}$$

$\simeq 0$

$\hookrightarrow v_t(t) = L_a \dfrac{di_a}{dt}$ ← Consideriamo il caso peggiore $\delta = 1/2$

Var. mass.

$$2V \simeq L_a \frac{\Delta I_a}{T/2} \rightarrow \Delta I_a = \frac{V}{L_a f_s} = I_{a\,\text{peak-peak}}$$

f_s = freq. di switching

Controllo con limitatore di corrente