

Motore in Corrente Continua

- Motore in corrente continua
 - Schema elettrico
 - Modello Motore+Carico

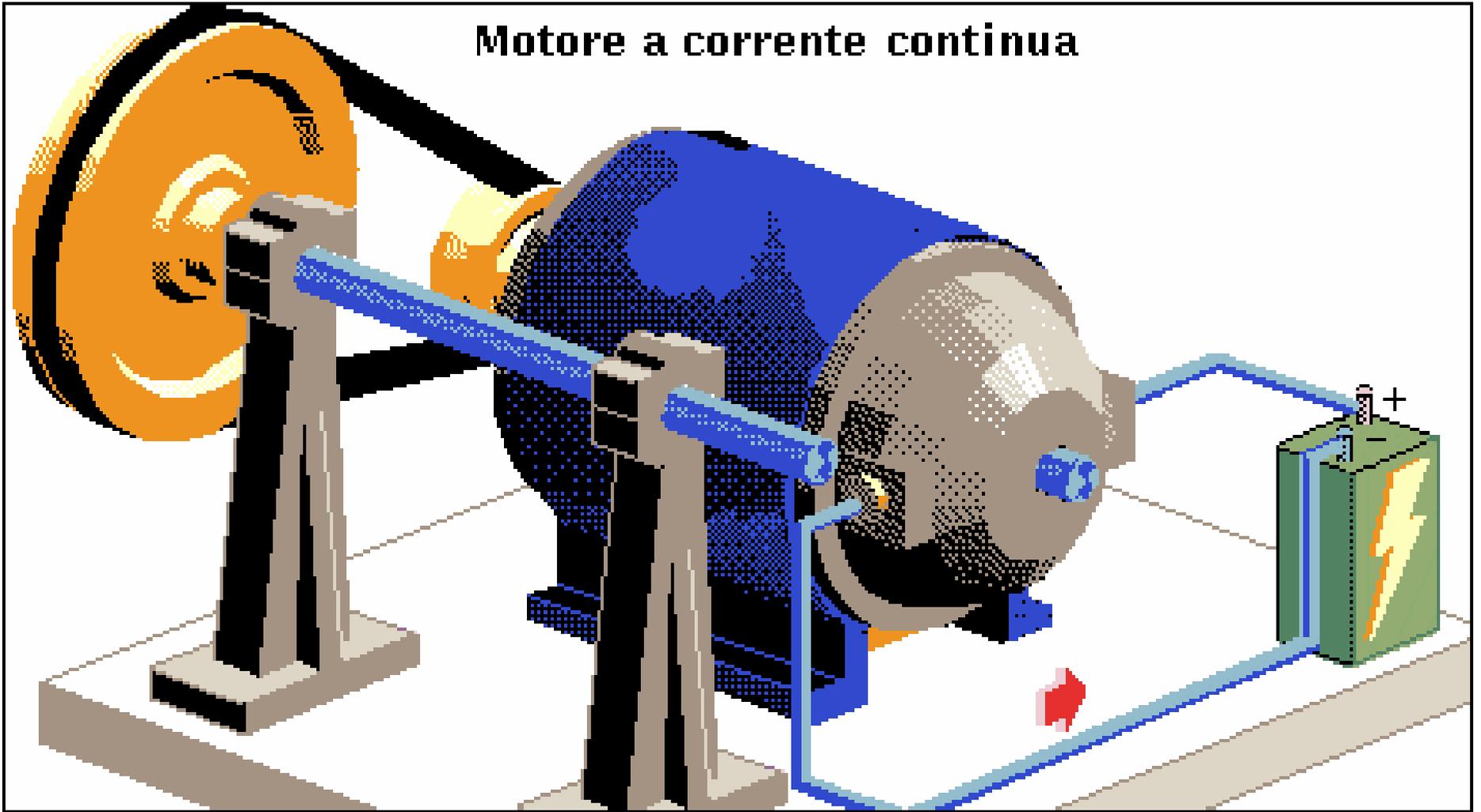


(piccolo)

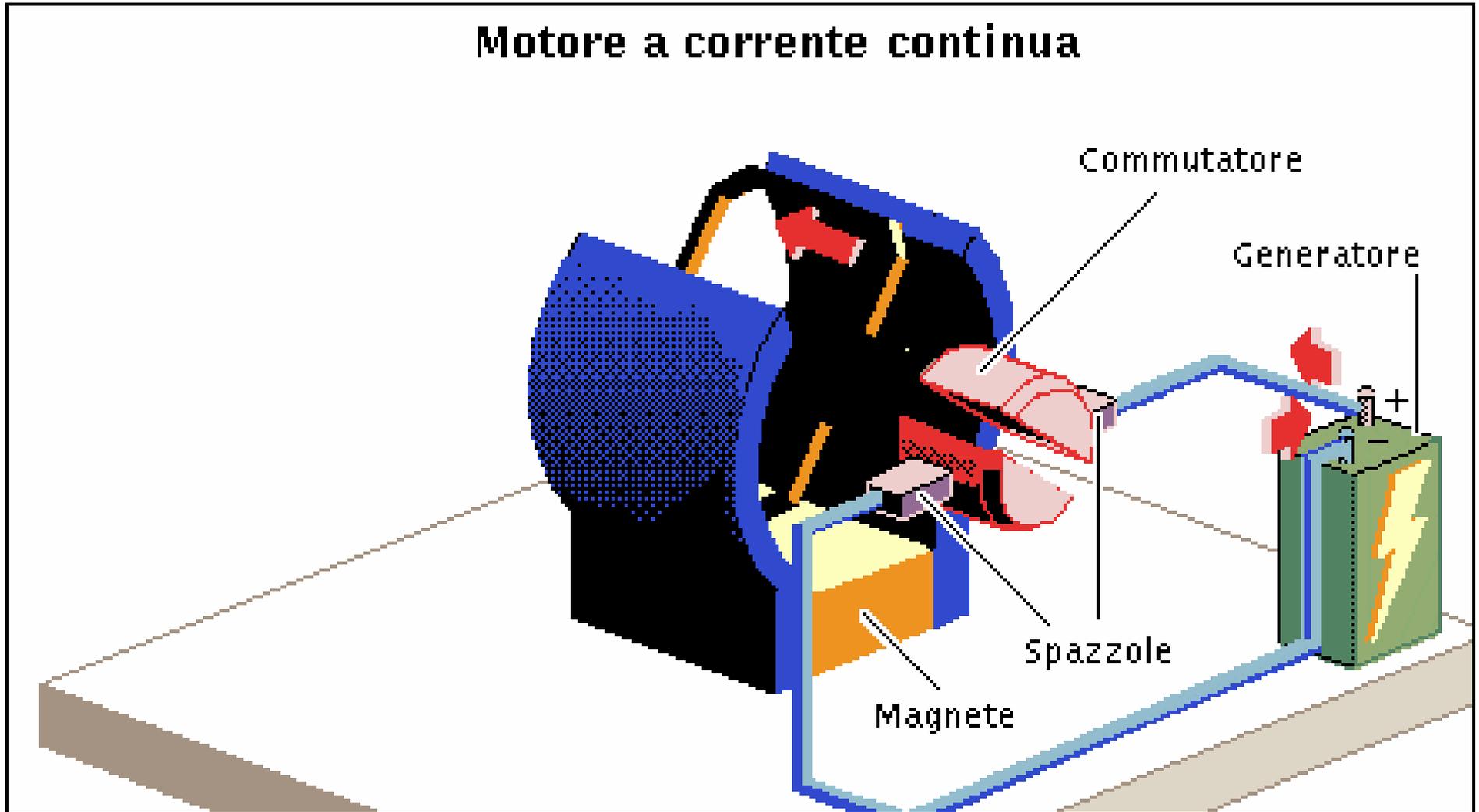


Motore a corrente continua

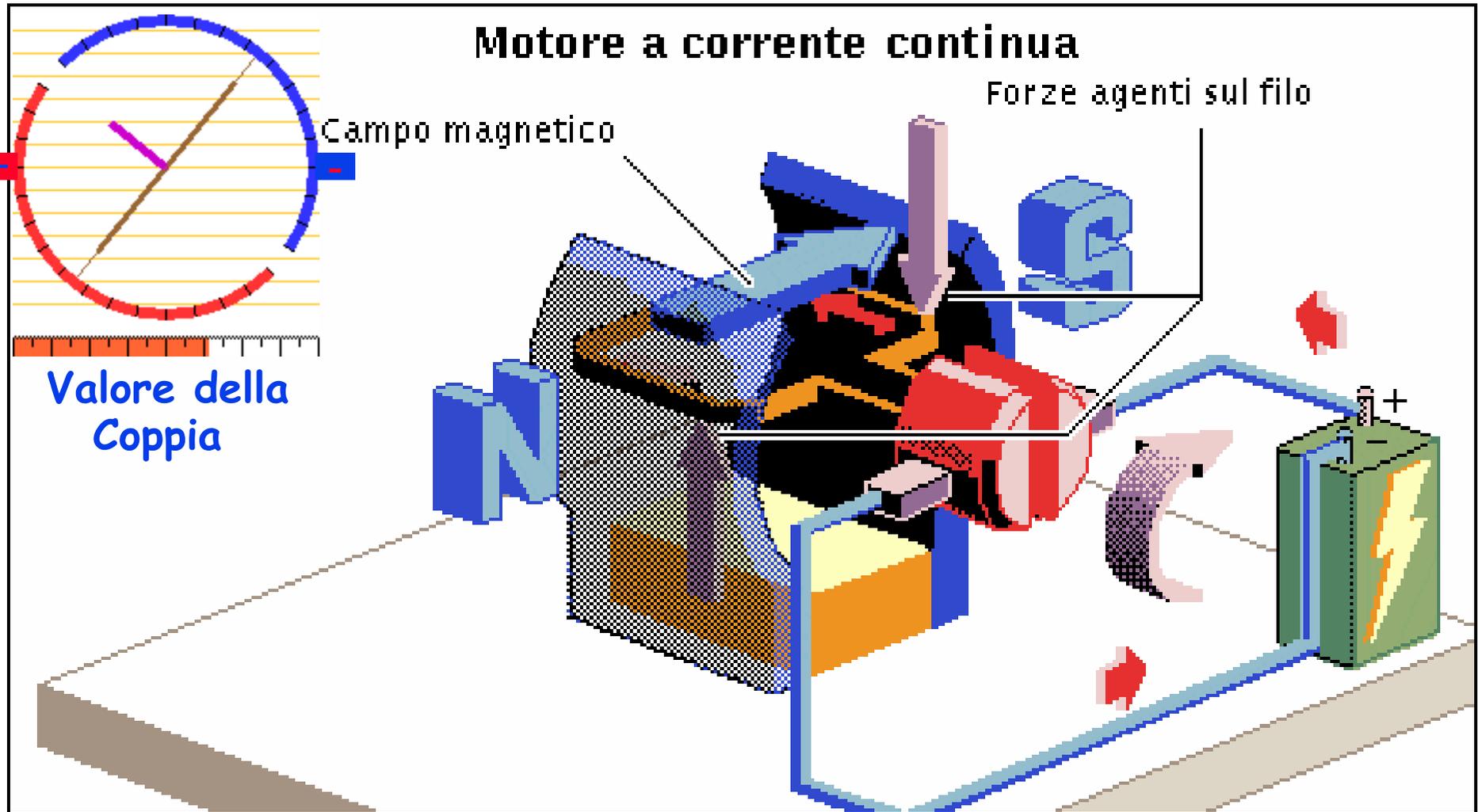
Motore a corrente continua

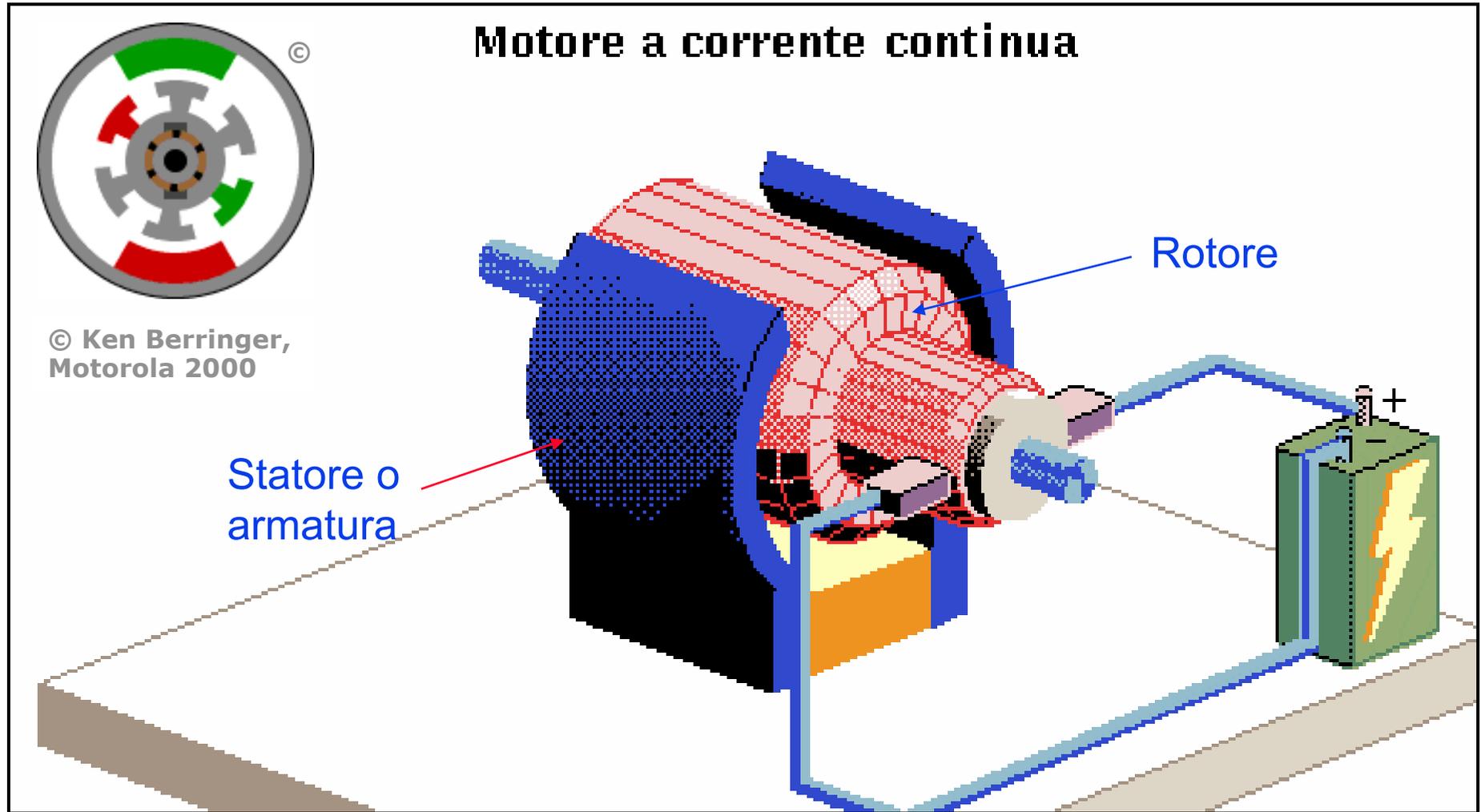


Motore a corrente continua

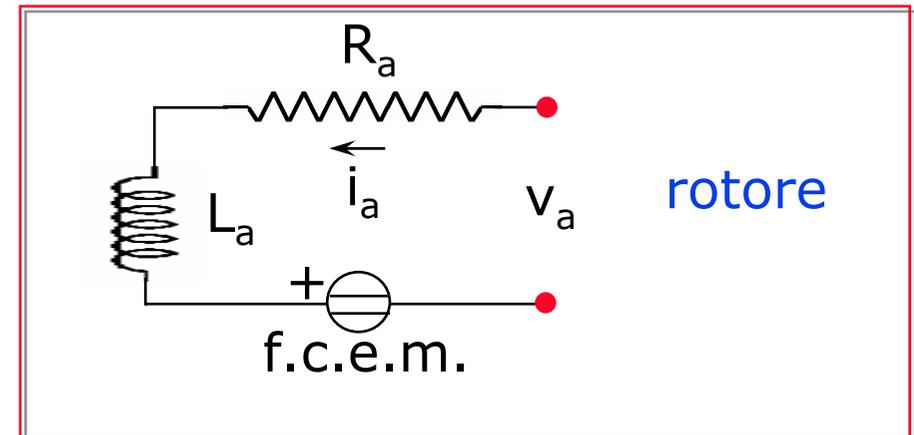
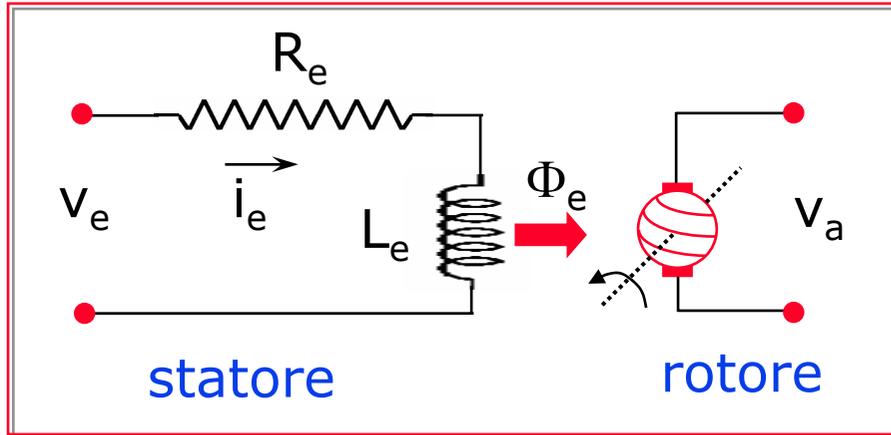


Coppia indotta dal passaggio di corrente





Modello analitico



$$\left\{ \begin{array}{ll} \Phi_e = K_e i_e & \text{flusso magnetico generato dallo statore} \\ \text{f.c.e.m.} = \Phi_e K_a \omega & \text{forza contro-elettromotrice dovuta alla rotazione} \\ \tau_m = \Phi_e K_a i_a & \text{momento generato} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v_e = R_e i_e + L_e \frac{di_e}{dt} \\ v_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + \text{f.c.e.m.} \end{array} \right.$$

termini non lineari

$$\begin{cases} v_e = R_e i_e + L_e \frac{di_e}{dt} \\ v_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + \text{f.c.e.m.} \end{cases}$$

Se si impiegano magneti permanenti
o i_e costante, i.e. Φ_e costante

$$K_m = K_e i_e K_a = \text{costante}$$

le eqs. diventano lineari

Sostituendo:

$$v_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + \text{f.c.e.m.} = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + K_m \omega$$

Trasformando

$$I_a(s) = \frac{1}{R_a + sL_a} [V_a(s) - K_m \Omega(s)] \quad \tau_m(s) = K_m I_a(s)$$

Schema a blocchi Motore + Carico

Motore:

$$I_a(s) = \frac{1}{R_a + sL_a} [V_a(s) - K_m \Omega(s)]$$

$$\tau_m = K_m I_a$$

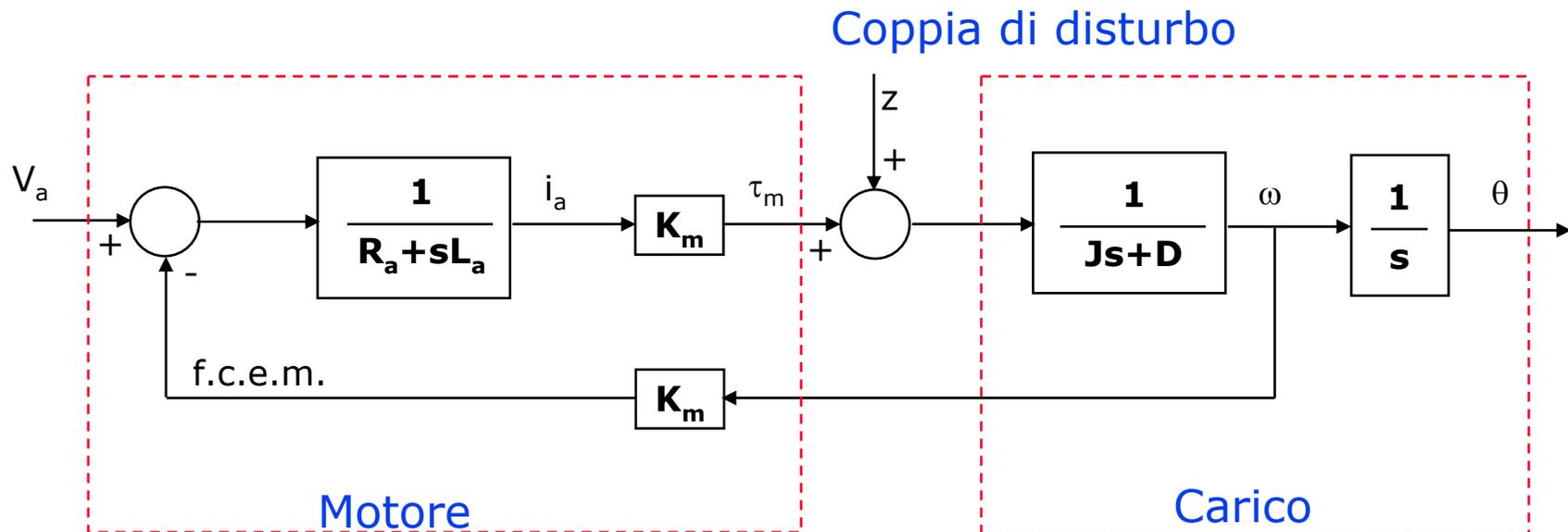
Equazione di un carico con inerzia J ed attrito D :

$$J\dot{\omega}(t) = -D\omega(t) + \tau_m$$

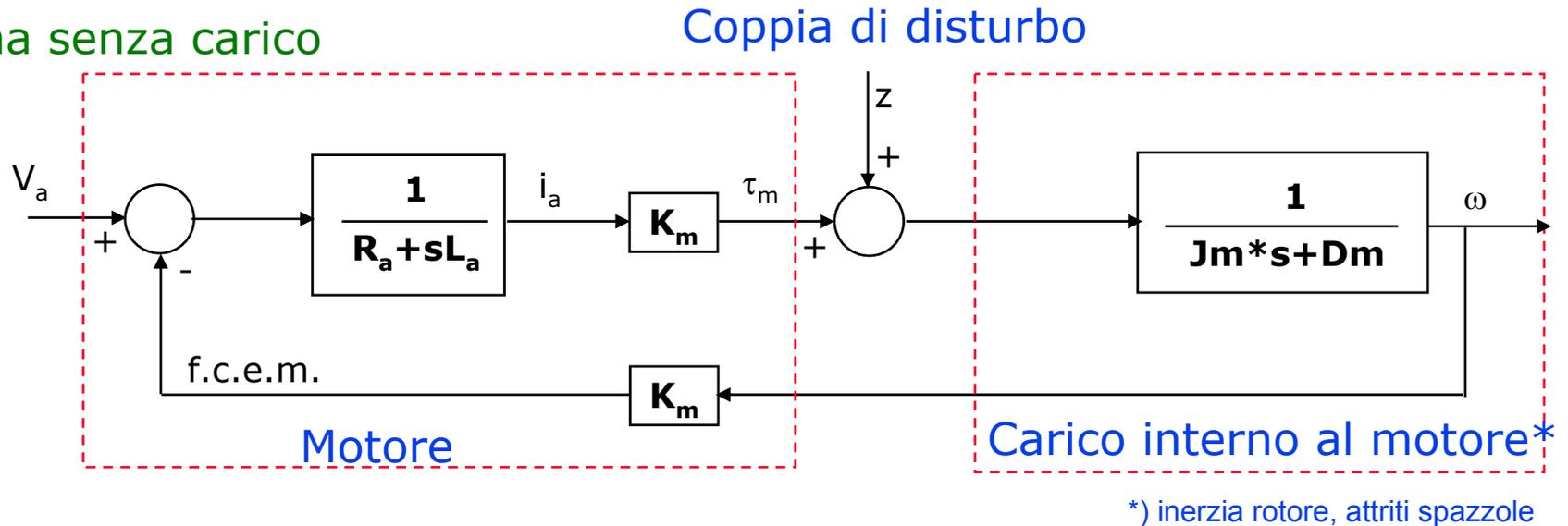
Trasformando con Laplace e ricavando la velocità $\Omega(s)$:

$$\Omega(s) = \frac{1}{Js + D} \tau_m$$

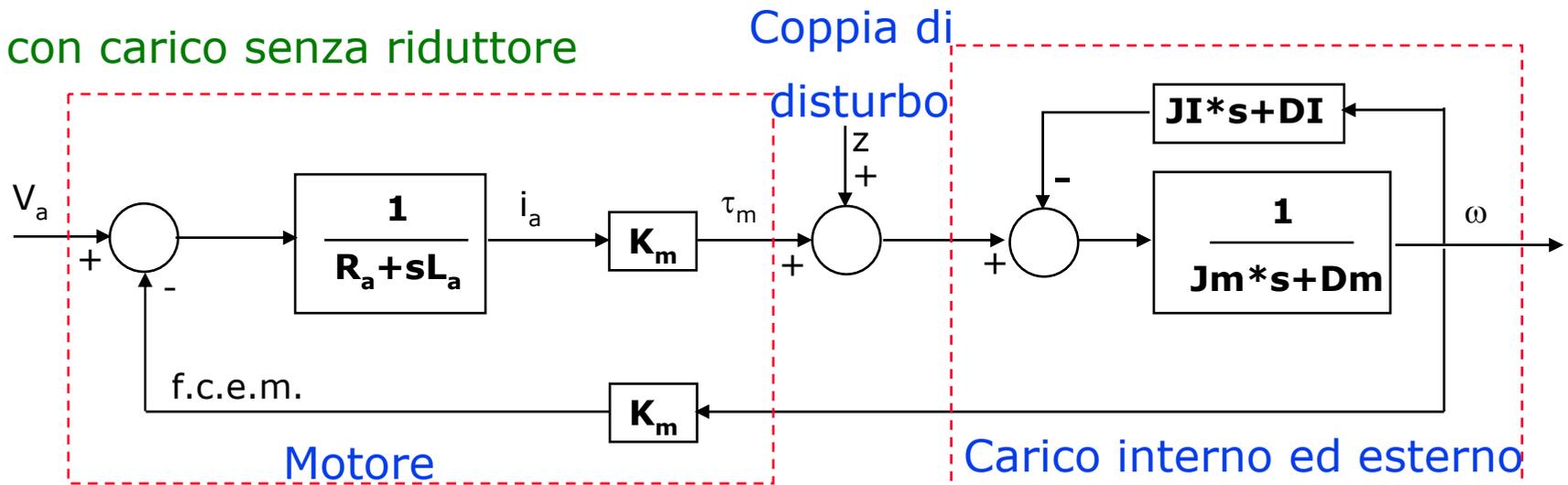
Lo schema a blocchi che ne risulta è il seguente:



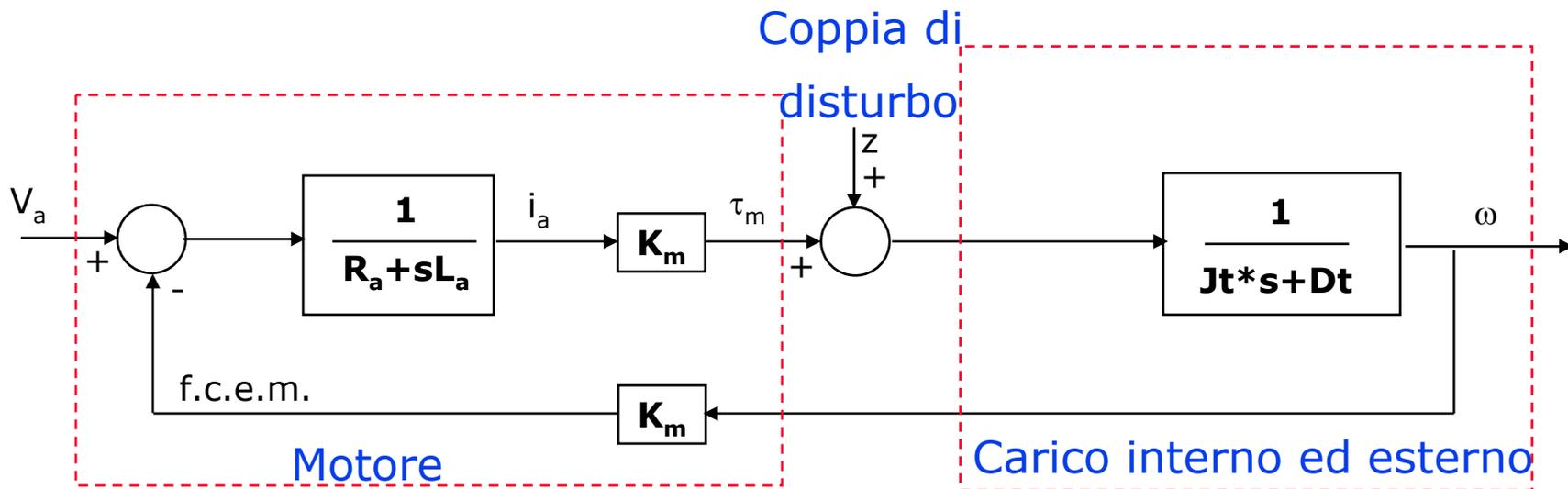
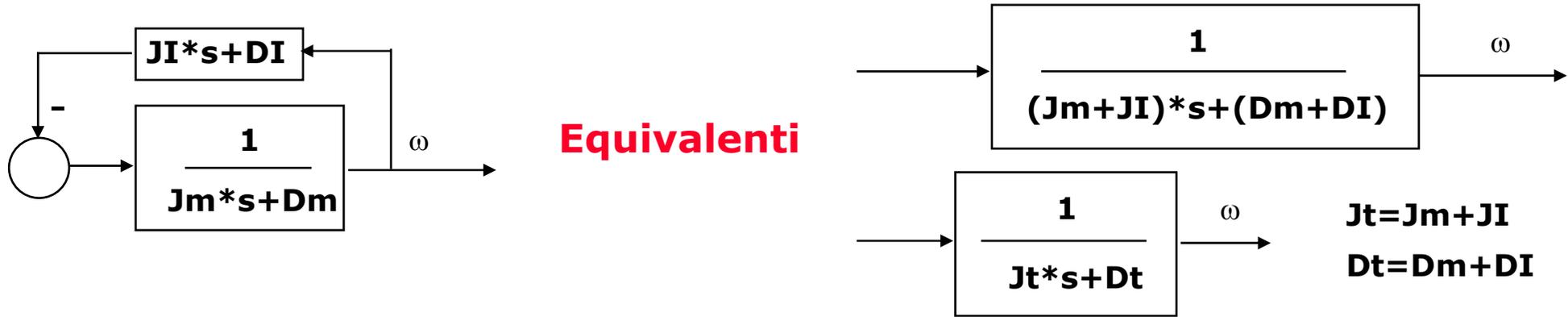
Schema senza carico

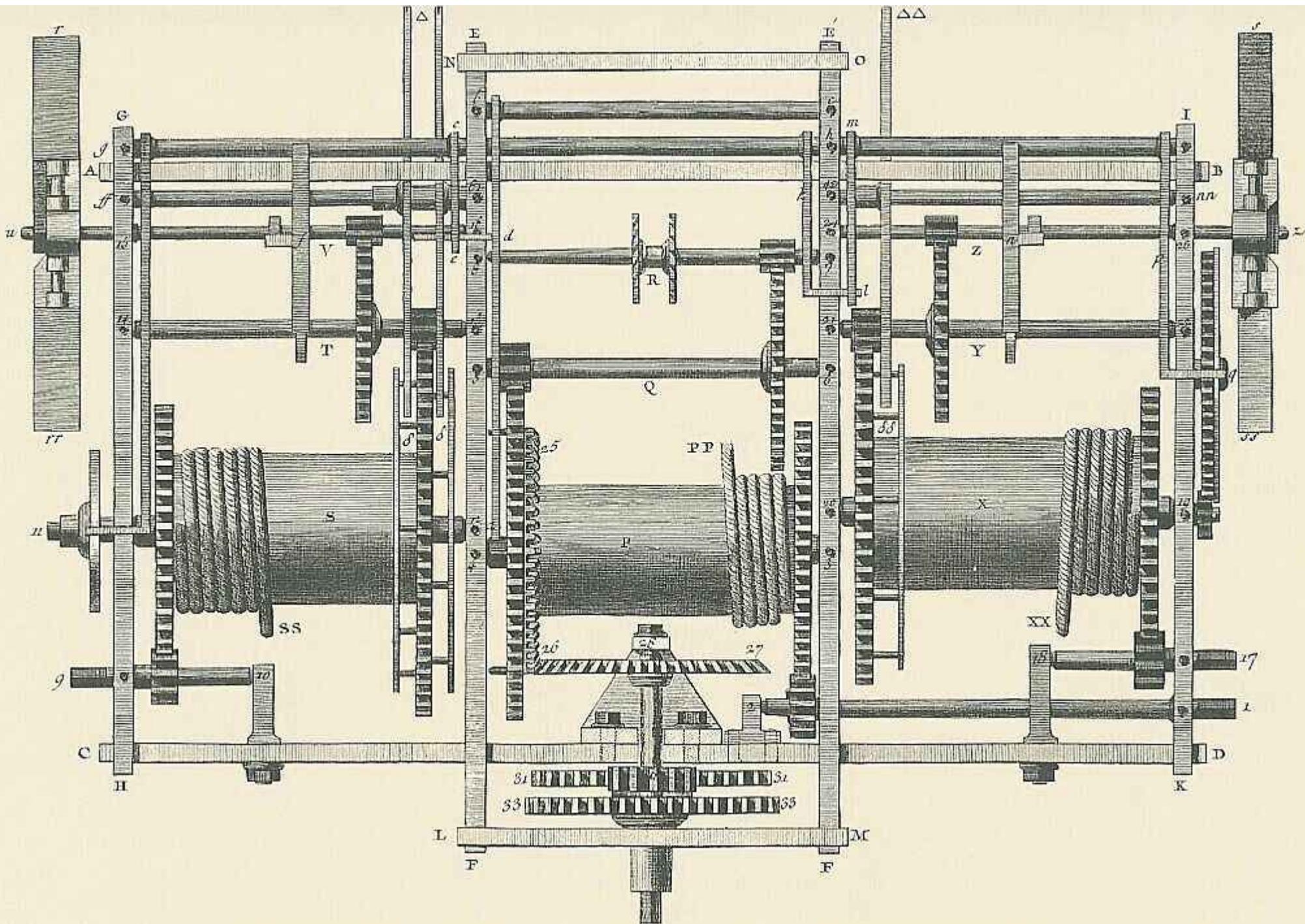


Schema con carico senza riduttore



Semplificazione

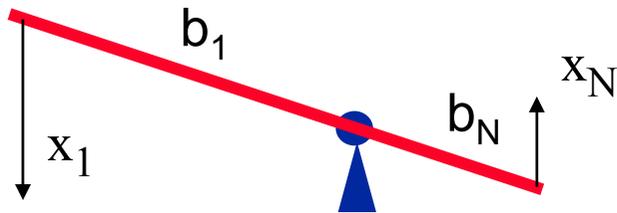




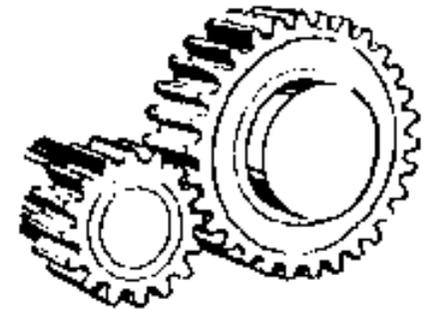
Il Riduttore (ingranaggi)

In generale i motori in c.c. sono troppo veloci e danno una coppia ridotta rispetto alle esigenze dei carichi.

Si usa una riduzione meccanica (cambio)



analogo della leva



Rapporto tra # denti 1 : N

rapporto tra le velocità N : 1

Leva:

Il lavoro è costante quindi (considerando che gli spostamenti hanno verso opposto):

$$F_1 \cdot x_1 = F_N \cdot x_N \Rightarrow F_1 = F_N (x_N / x_1) = F_N (b_N / b_1)$$

Anche la potenza è costante quindi derivando la precedente:

$$F_1 \cdot v_1 = F_N \cdot v_N \Rightarrow F_1 = F_N (v_N / v_1) = F_N (b_N / b_1)$$

Riduttore:

Il lavoro è costante quindi :

$$C_1\theta_1 = C_2\theta_2$$

Anche la potenza è costante quindi derivando la precedente:

$$C_1\omega_1 = C_N\omega_N$$

$$\omega_N = \frac{1}{N}\omega_1; \quad C_1\cancel{\omega_1} = C_N\frac{1}{N}\cancel{\omega_1}$$

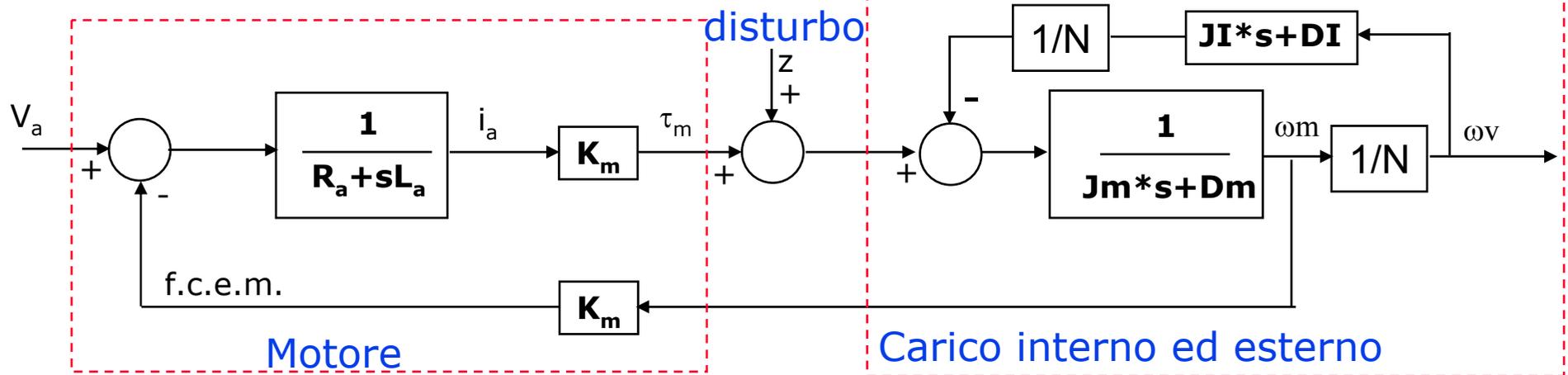
L'albero di uscita è più lento
ma fornisce coppia maggiore
(es.: cambio della bicicletta)



Schema a blocchi

Schema con carico e riduttore

Coppia di disturbo

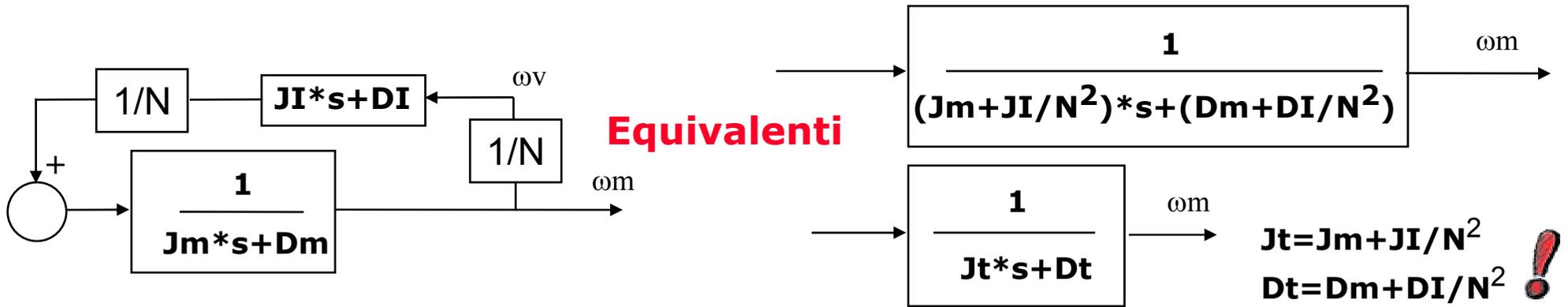


Motore

Carico interno ed esterno

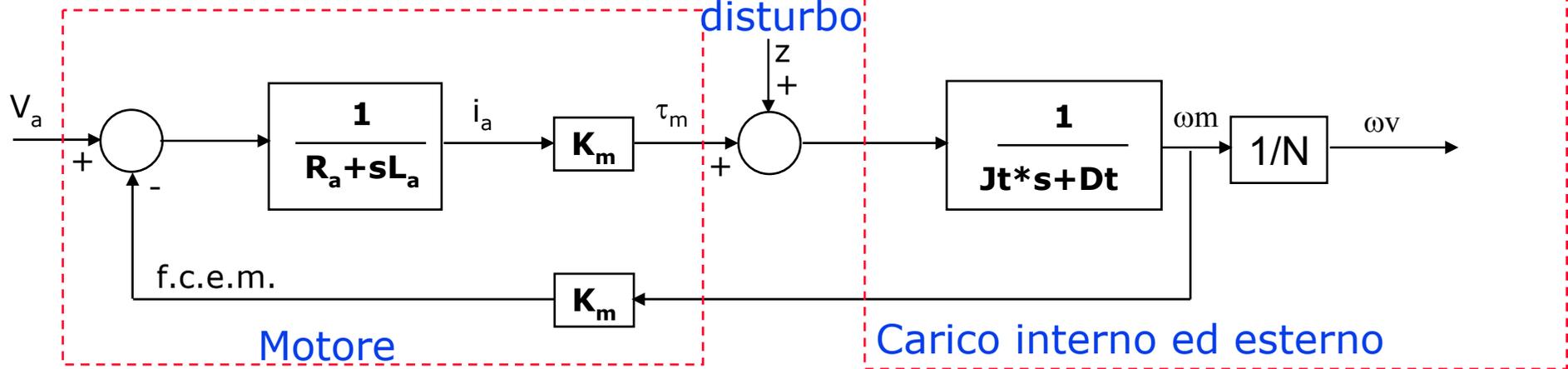
$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{Jm^*s + Dm} \\
 & \frac{1 + \frac{1}{Jm^*s + Dm} \frac{JI^*s + DI}{N^2}}{\frac{1}{(Jm^*s + Dm)N^2 + JI^*s + DI}} = \frac{1}{\cancel{Jm^*s + Dm}} \\
 & = \frac{1}{(Jm^*s + Dm)N^2 + JI^*s + DI} = \frac{1}{\cancel{(Jm^*s + Dm)} N^2} \\
 & = \frac{1}{(Jm^*s + Dm)N^2 + JI^*s + DI} = \frac{1}{(Jm + JI/N^2)^*s + Dm + DI/N^2}
 \end{aligned}$$

Semplificazione

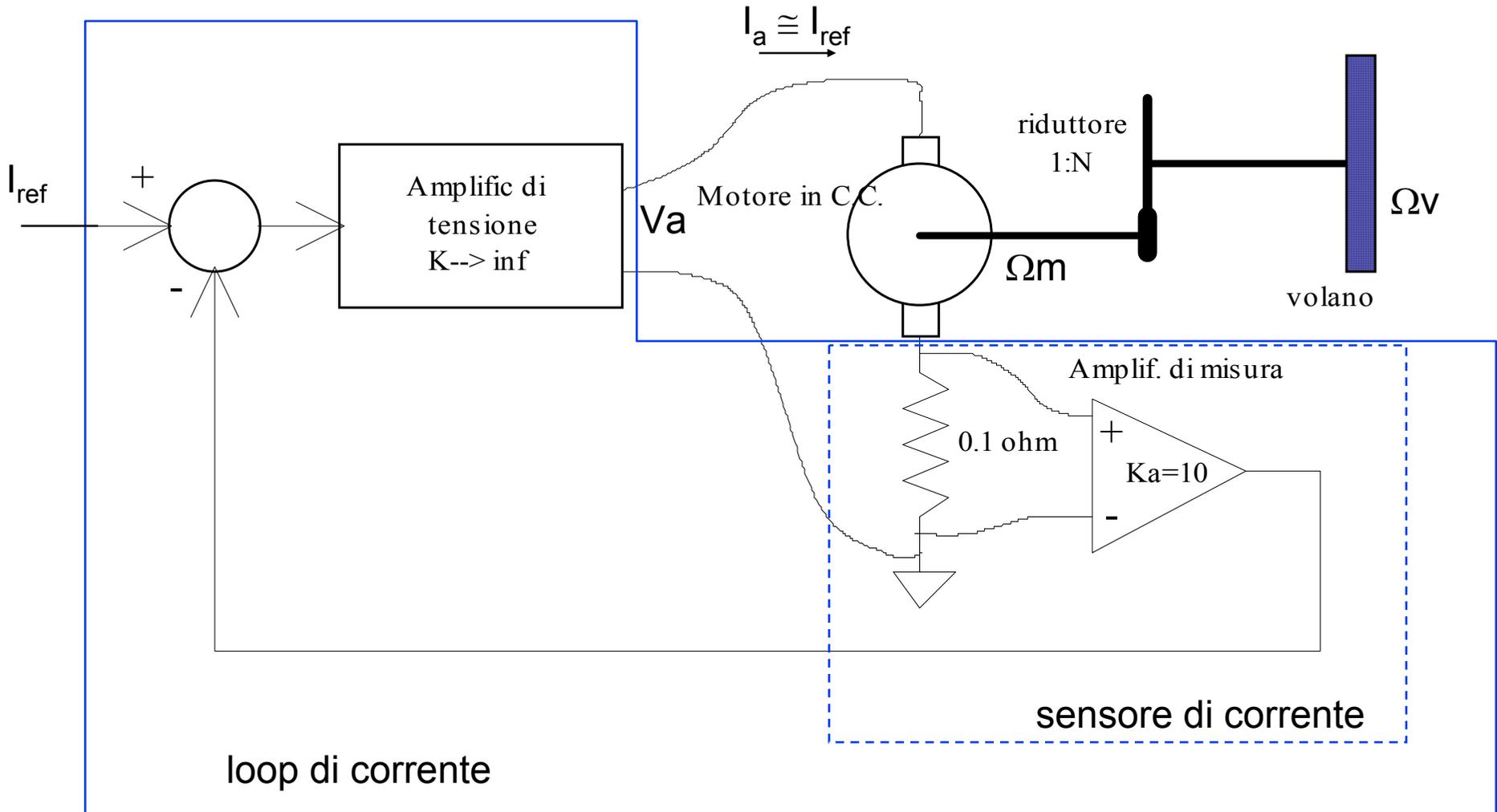


Schema con carico e riduttore

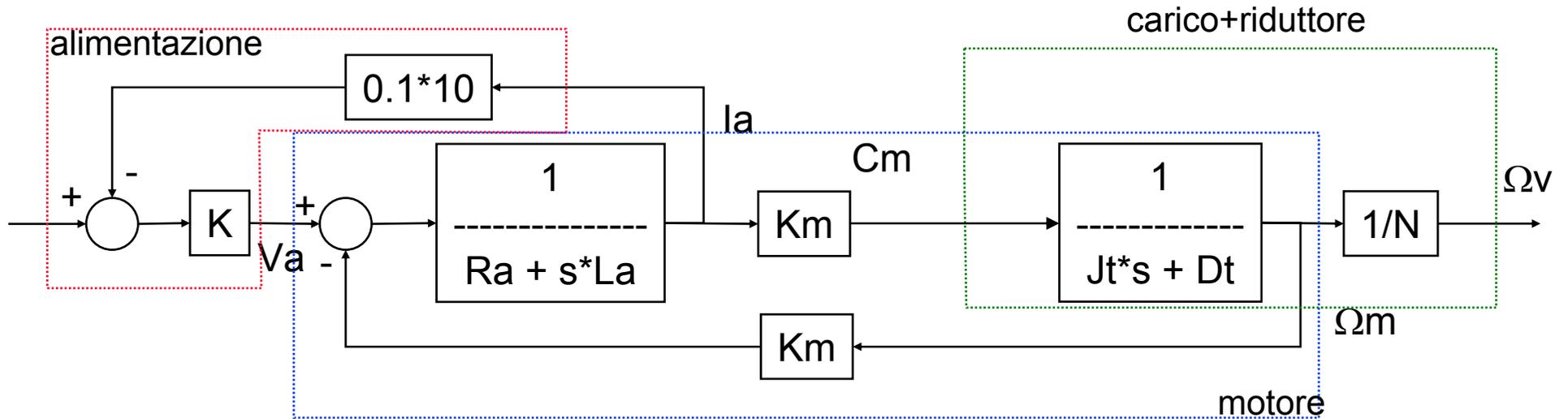
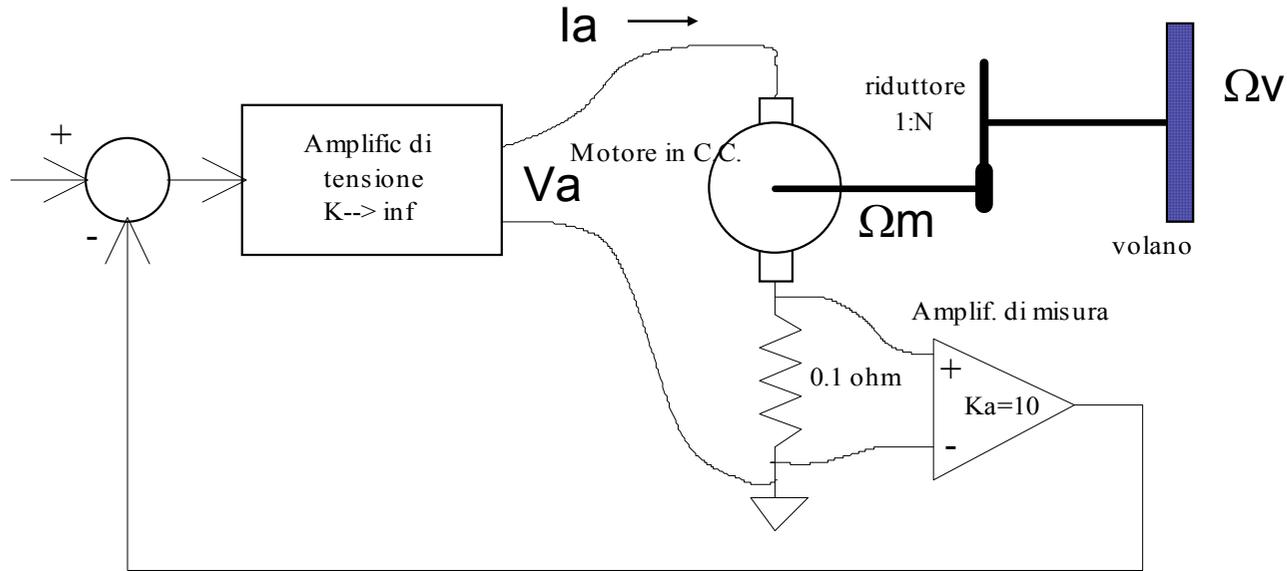
Coppia di disturbo

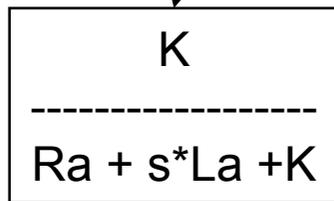
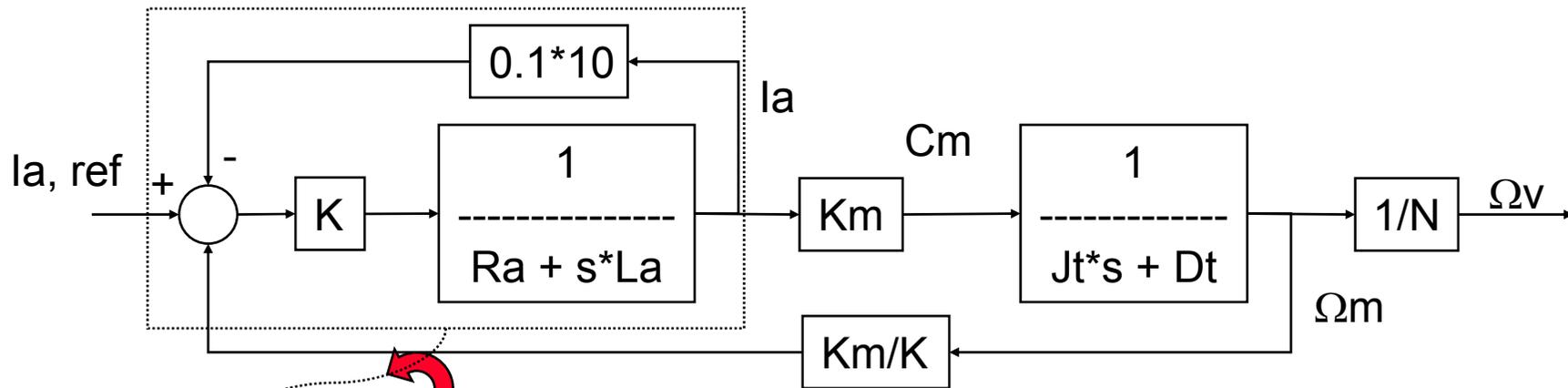


Controllo in corrente sull'armatura



Schema a Blocchi

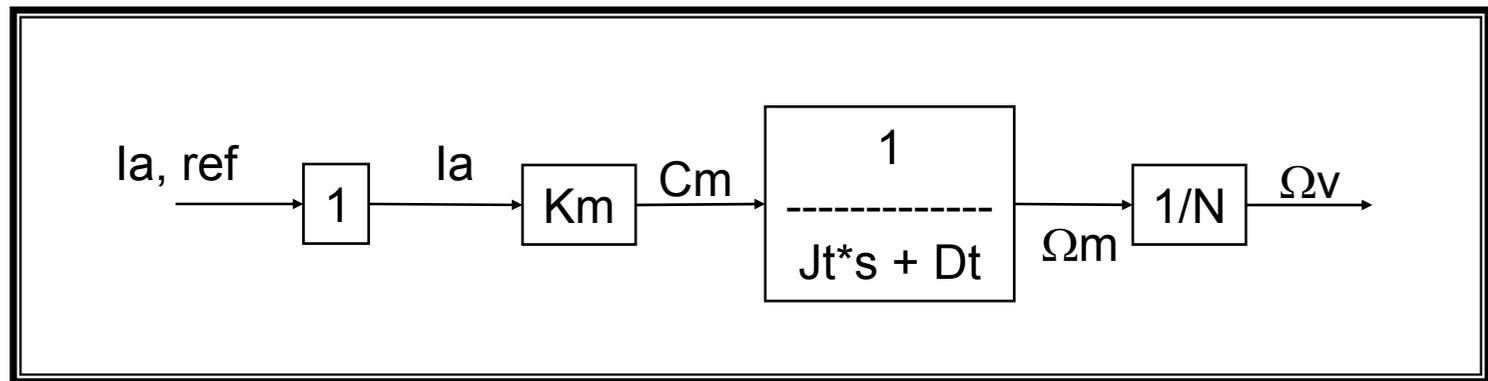




$K \rightarrow \text{inf}$



$K \rightarrow \text{inf}$



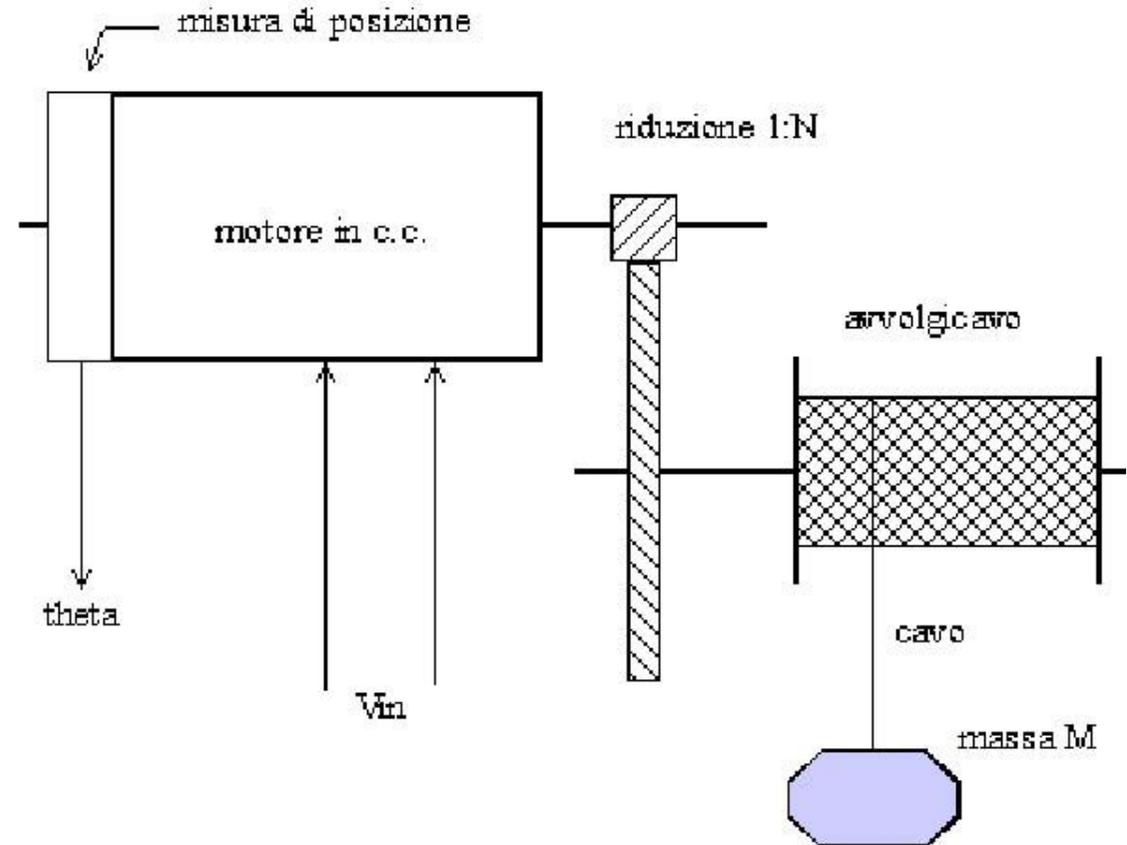
Il controllo in corrente equivale a controllare la coppia

Esercizio (Esame 7-11-2000)

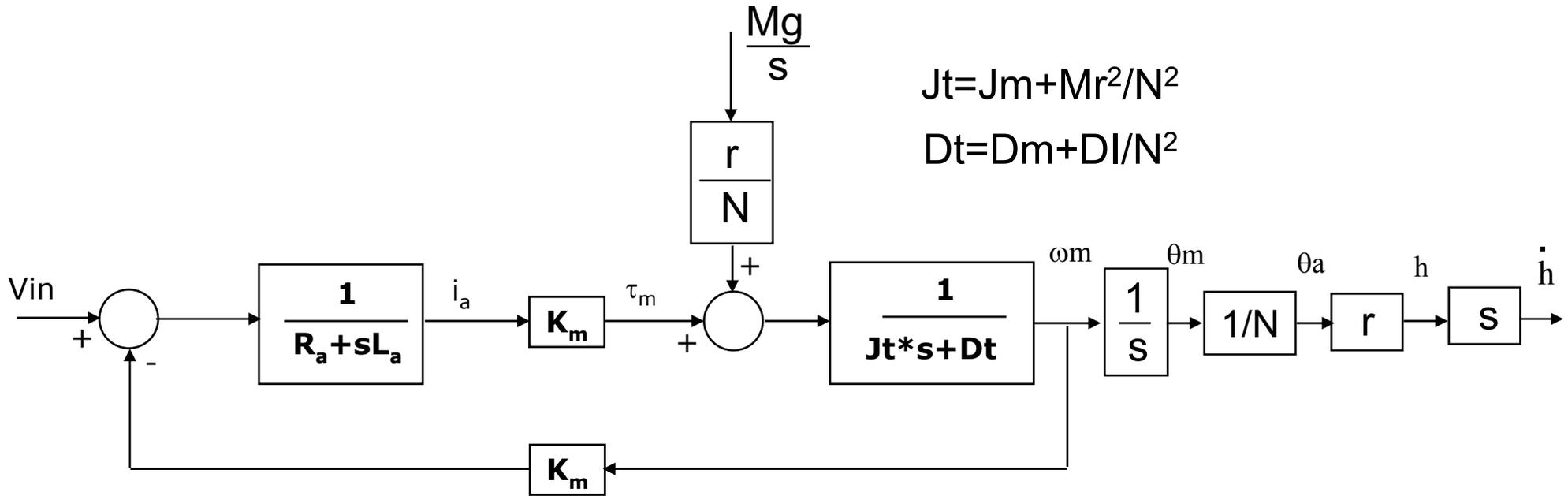
1) Si deve controllare la quota h della massa M col sistema raffigurato. Si determinino:

- la funzione di trasferimento tra V_{in} e θ e quella tra θ e quota della massa M
- la velocità di caduta a regime della massa quando $V_{in}=0$ (alimentazione in corto)

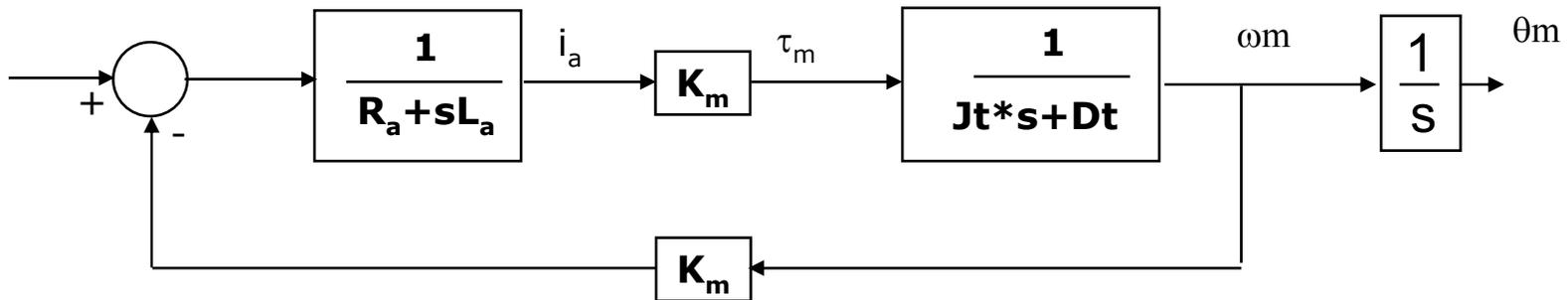
La massa è soggetta alla gravità e si possono trascurare gli attriti e le inerzie delle ruote dentate.



Soluzione Esercizio



Funzione di Trasferimento tra V_{in} e θ_m :



$$\frac{\omega_m}{V_{in}} = \frac{K_m \frac{1}{Ra+sLa} \frac{1}{Jt^*s+Dt}}{1 + K_m^2 \frac{1}{Ra+sLa} \frac{1}{Jt^*s+Dt}} = \frac{K_m \frac{1}{Ra+sLa} \frac{1}{Jt^*s+Dt}}{\frac{(Ra+sLa)(Jt^*s+Dt) + K_m^2}{(Ra+sLa)(Jt^*s+Dt)}} =$$

$$= \frac{K_m}{(Ra+sLa)(Jt^*s+Dt) + K_m^2}$$

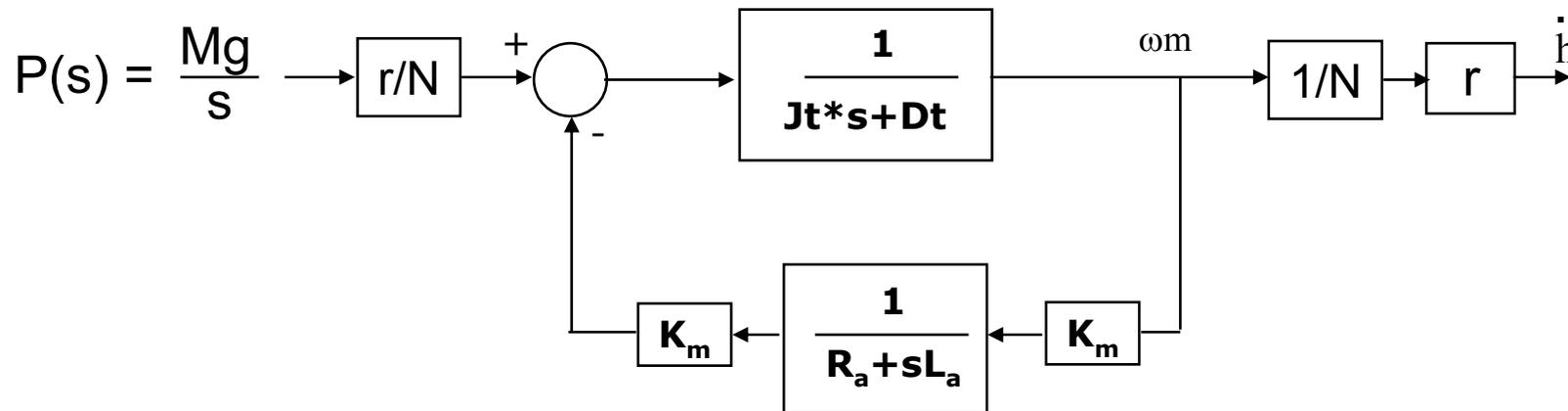
Inoltre essendo $\theta_m = \omega_m * 1/s$:

$$\frac{\theta_m}{V_{in}} = \frac{1}{s} \frac{K_m}{(Ra+sLa)(Jt^*s+Dt) + K_m^2}$$

Funzione di Trasferimento tra θ_m e h :

$$\frac{h}{\theta_m} = \frac{r}{N}$$

Funzione di Trasferimento tra forza peso (Mg/s) e dh/dt :



$$\frac{\dot{h}}{P(s)} = \frac{\frac{1}{Jt^*s+Dt}}{1 + Km^2 \frac{1}{Ra+sLa} \frac{1}{Jt^*s+Dt}} \frac{r^2}{N^2} = \frac{\frac{1}{\cancel{Jt^*s+Dt}}}{\frac{(Ra+sLa)(Jt^*s+Dt) + Km^2}{\cancel{(Ra+sLa)(Jt^*s+Dt)}}} \frac{r^2}{N^2} =$$

$$= \frac{(Ra+sLa)}{(Ra+sLa)(Jt^*s+Dt) + Km^2} \frac{r^2}{N^2}$$

$$\dot{h} = \frac{(Ra+sLa)}{(Ra+sLa)(Jt^*s+Dt) + Km^2} \frac{r^2}{N^2} \frac{Mg}{s}$$

$$\frac{dh}{dt}(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{(Ra+sLa)}{(Ra+sLa)(Jt^*s+Dt) + Km^2} \frac{r^2}{N^2} \frac{Mg}{s} =$$

$$= \frac{Ra}{Ra^*Dt + Km^2} \frac{r^2}{N^2} Mg$$