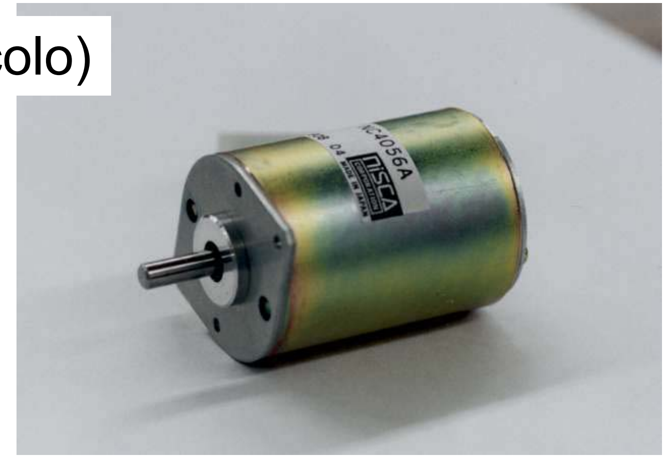
Motore in Corrente Continua

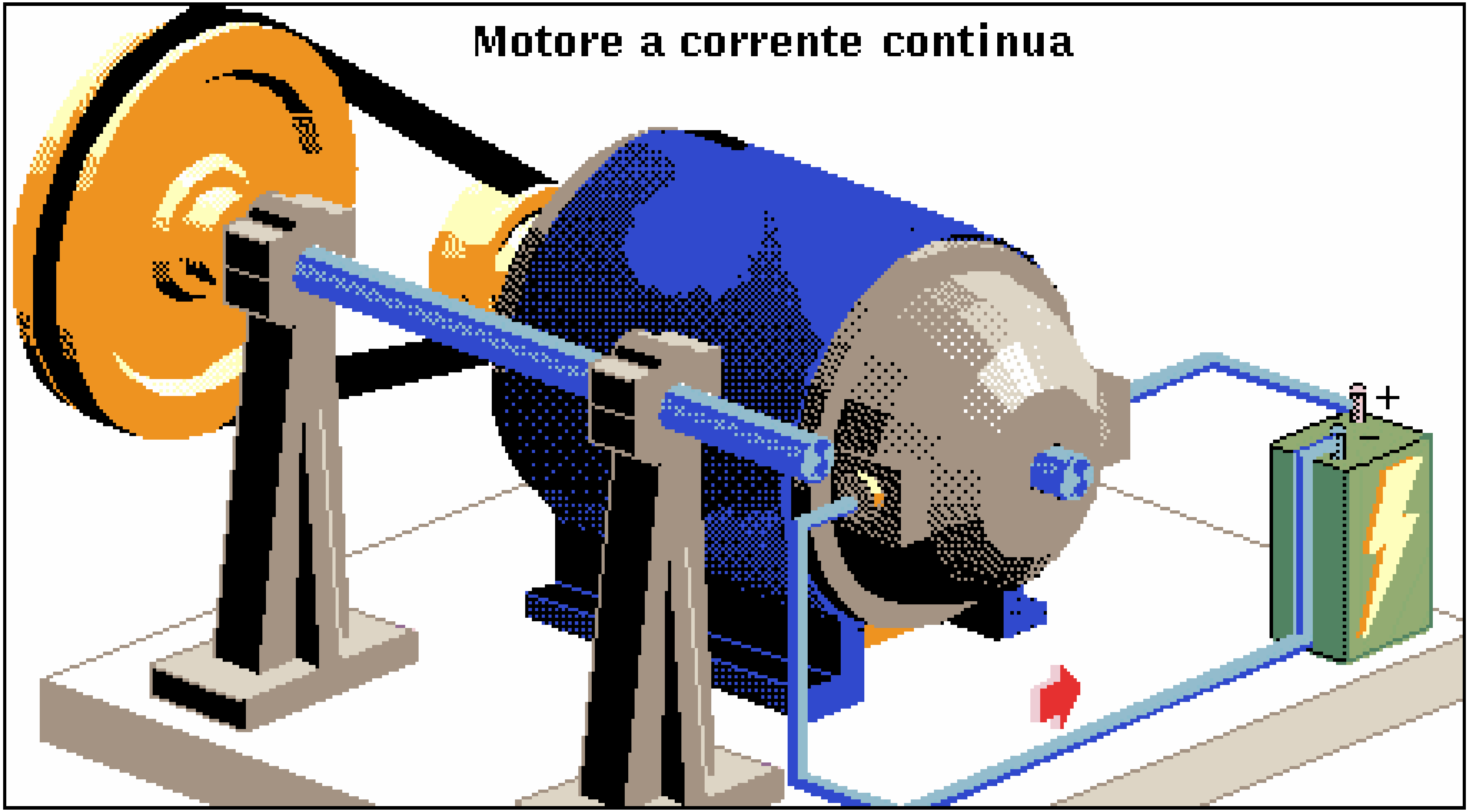
- Motore in corrente continua
  - Schema elettrico
  - Modello Motore+Carico

(medio)

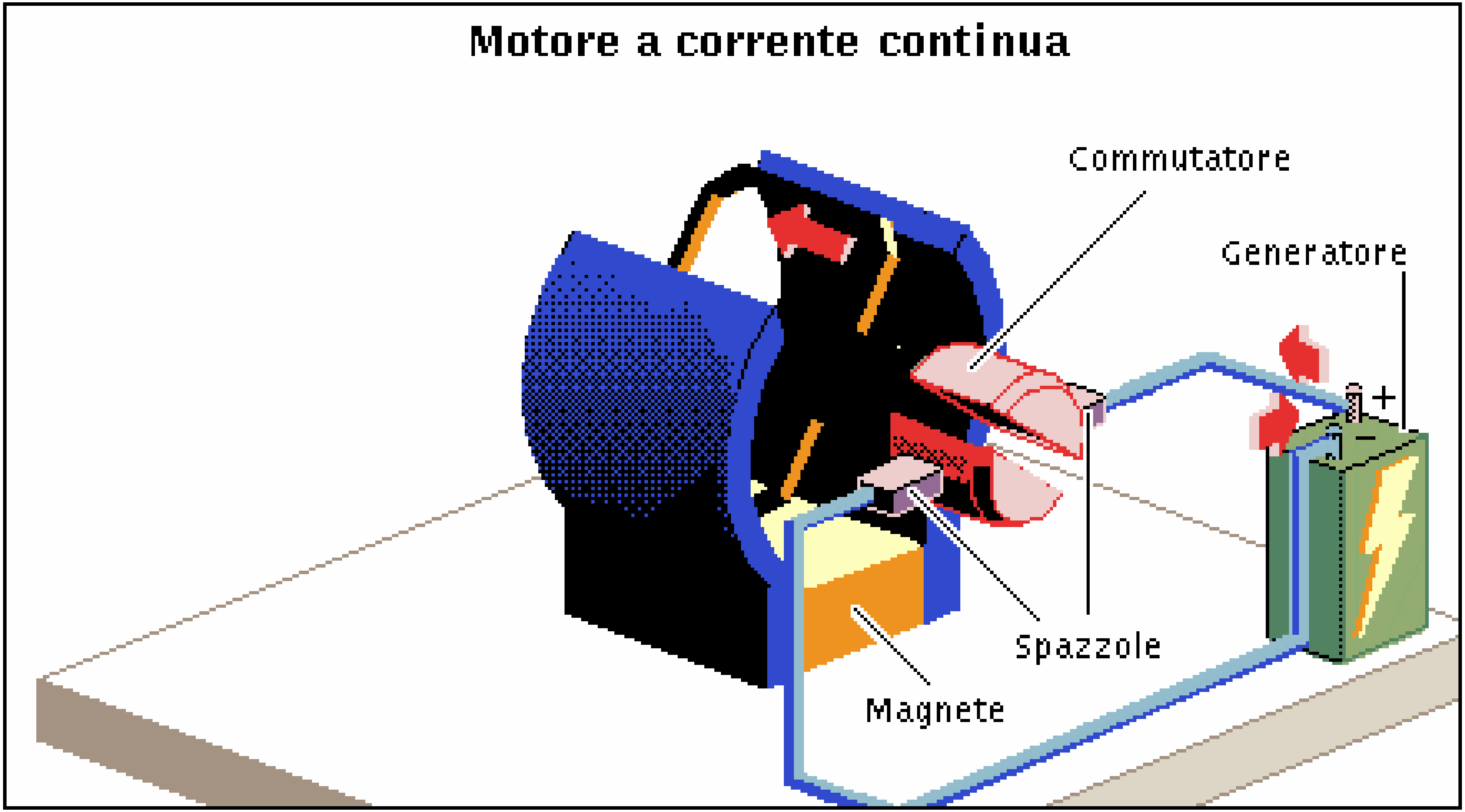
(piccolo)



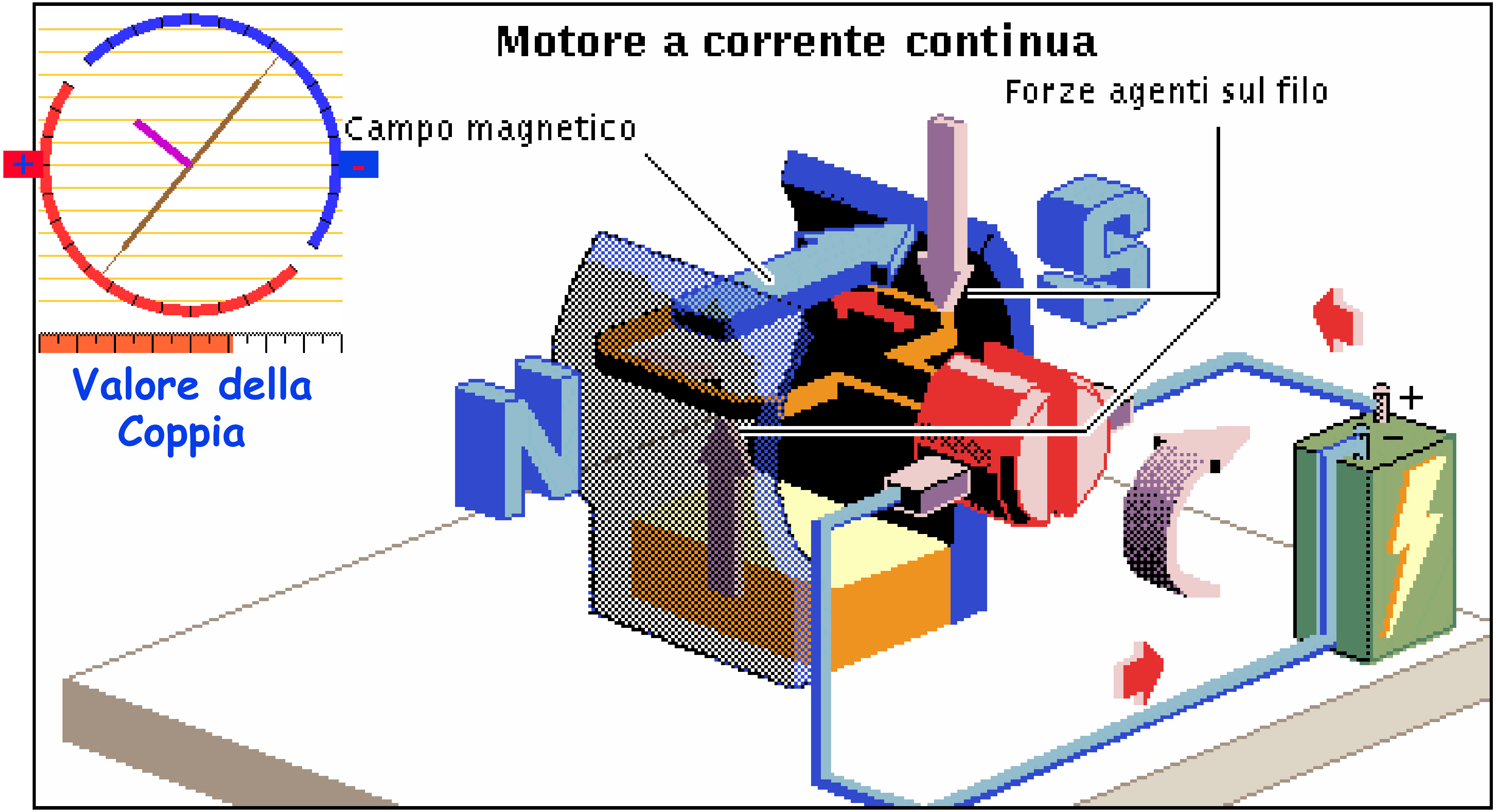
MOTORE A CORRENTE CONTINUA



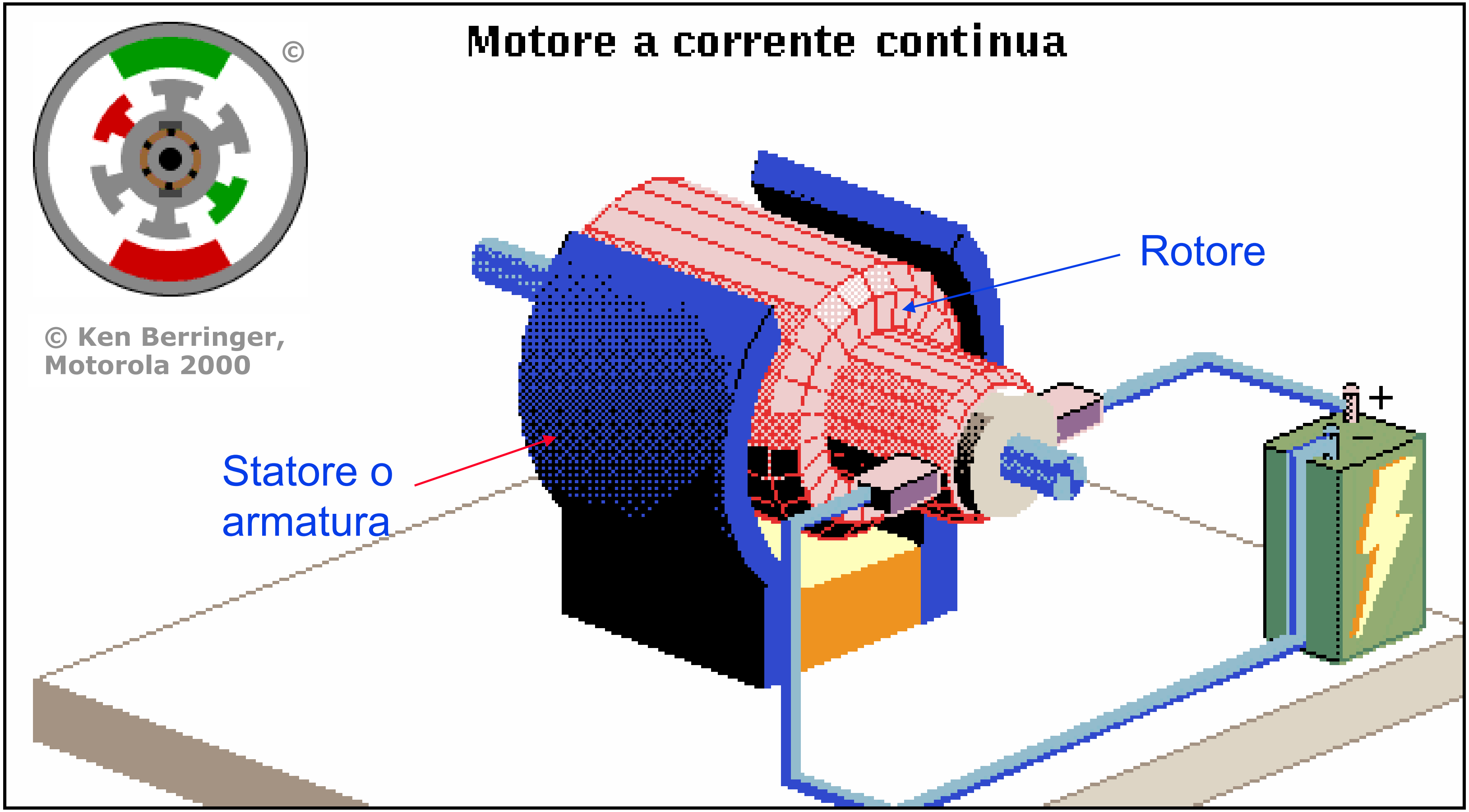
Circuito con una spira



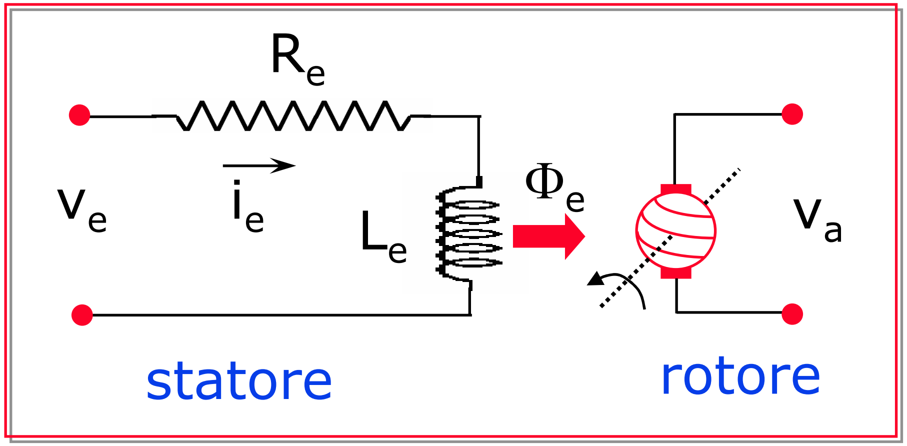
Coppia indotta dal passaggio di corrente

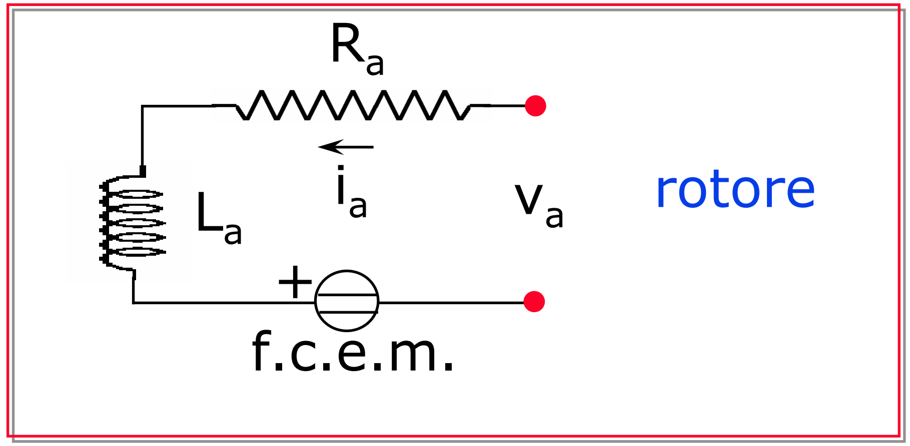


Motore con più spire



MODELLO ANALITICO





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

termini non lineari

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

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

Se si impiegano magneti permanenti

o i_e costante, i.e. Φ_e costante

$K_m = K_e i_e K_a$ = costante

le eqs. diventano <u>lineari</u>

Sostituendo:

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

Trasformando

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

Schema a blocchi Motore + Carico

Motore:

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

$$\tau_m = K_m I_a$$

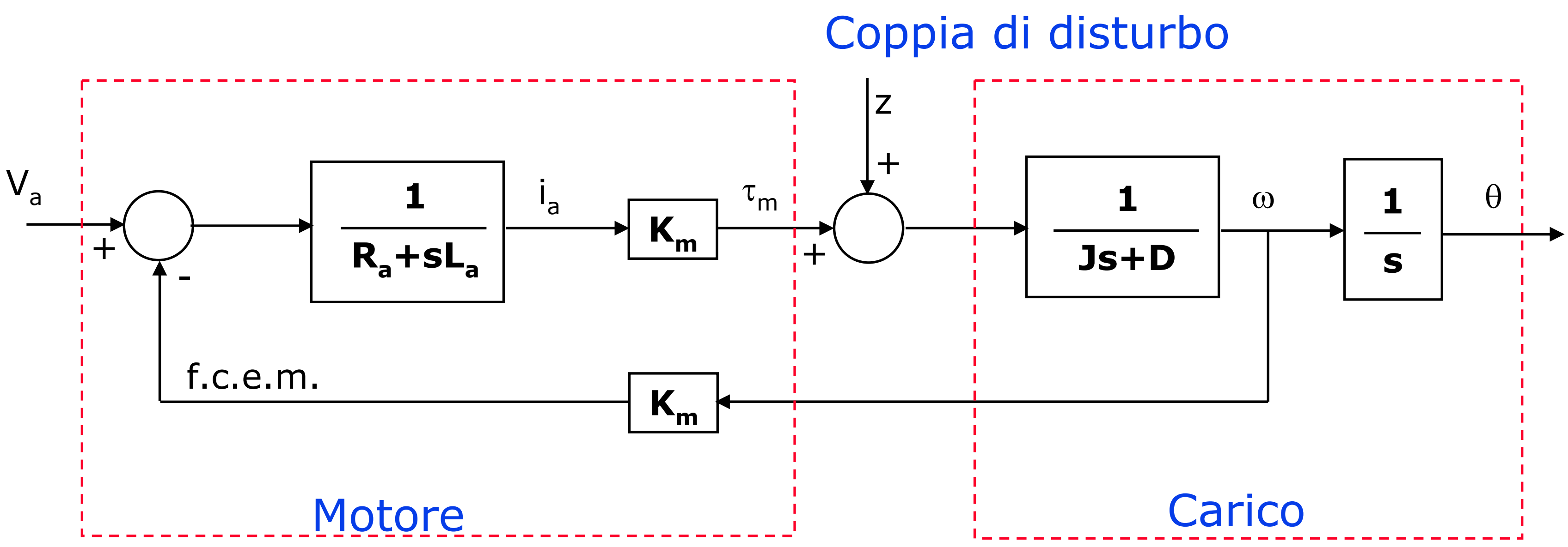
Equazione di un carico con inerzia J ed attrito D :

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

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

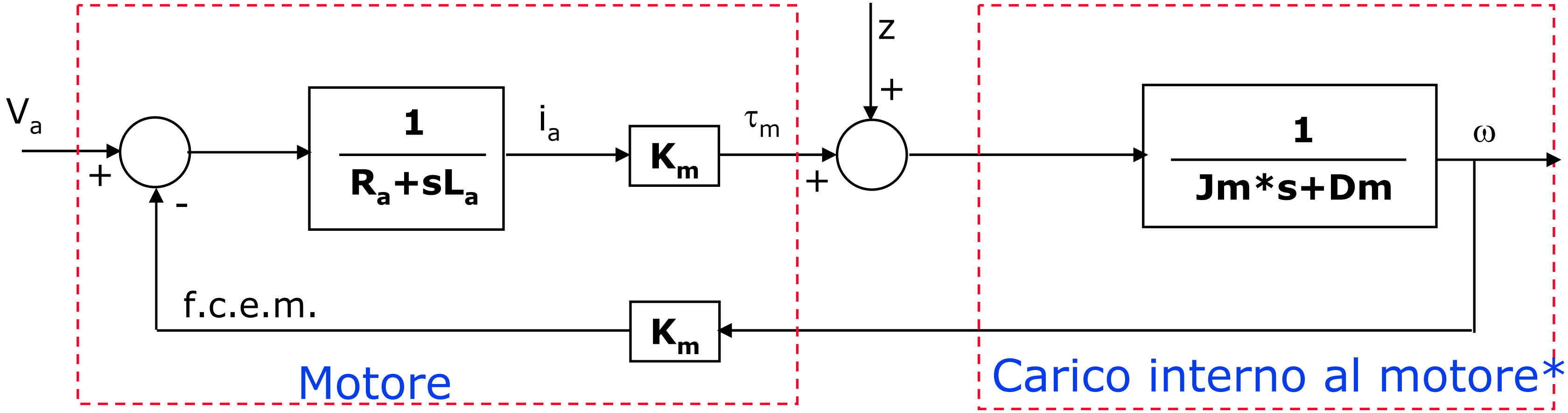
$$\Omega(s) = \frac{1}{Js + D}\tau_m$$

Lo schema a blocchi che ne risulta è il seguente:



Schema senza carico

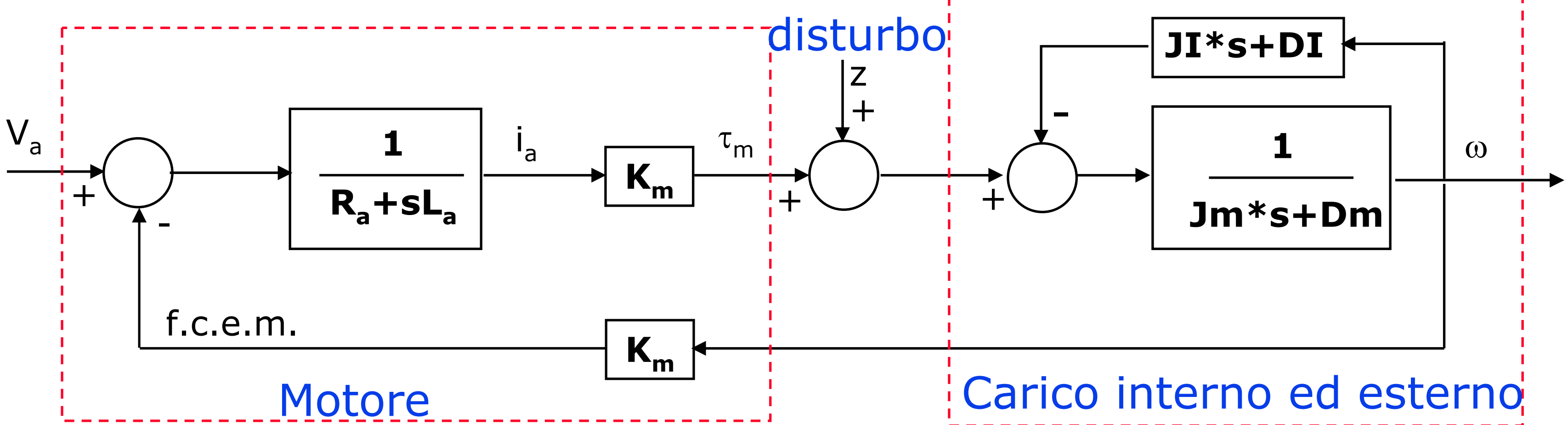
Coppia di disturbo

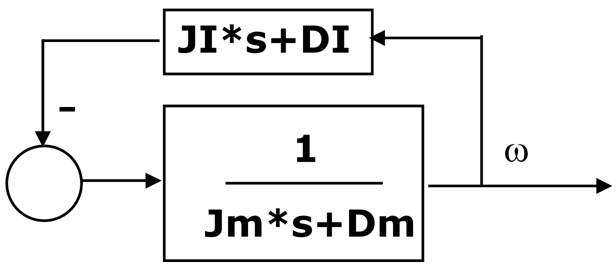


*) inerzia rotore, attriti spazzole

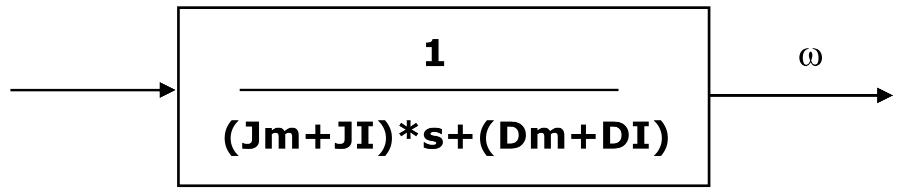
Schema con carico senza riduttore

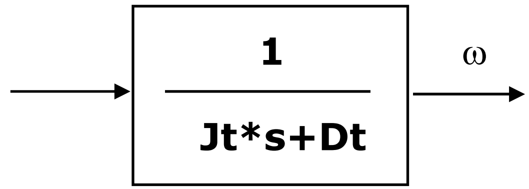
Coppia di disturbo





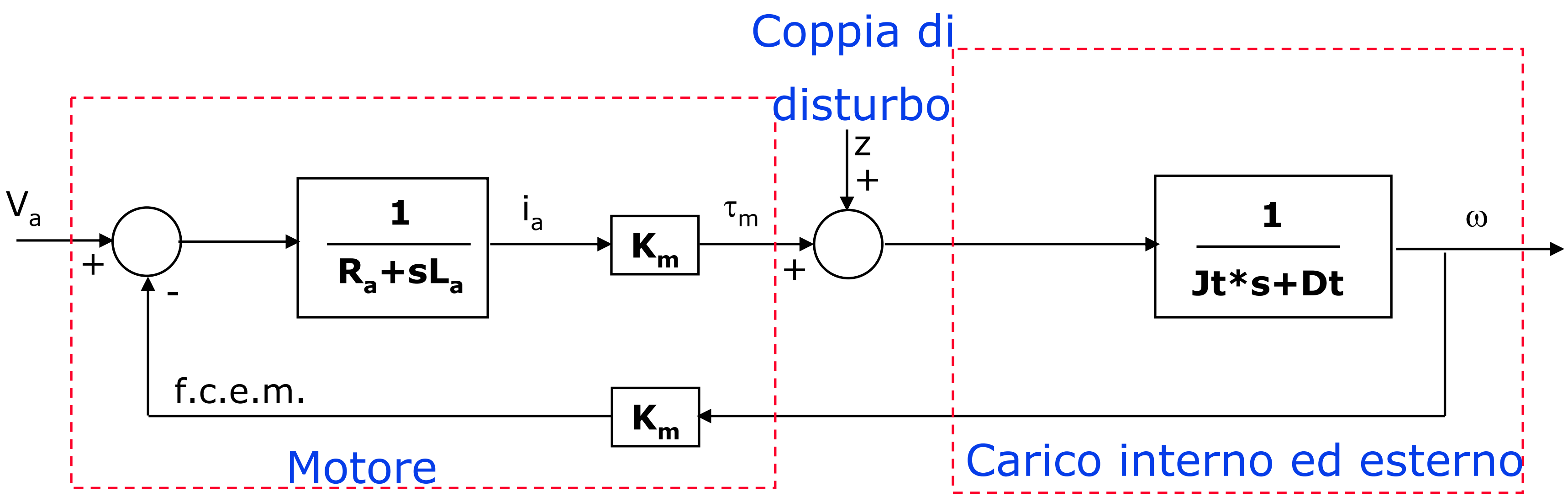
Equivalenti

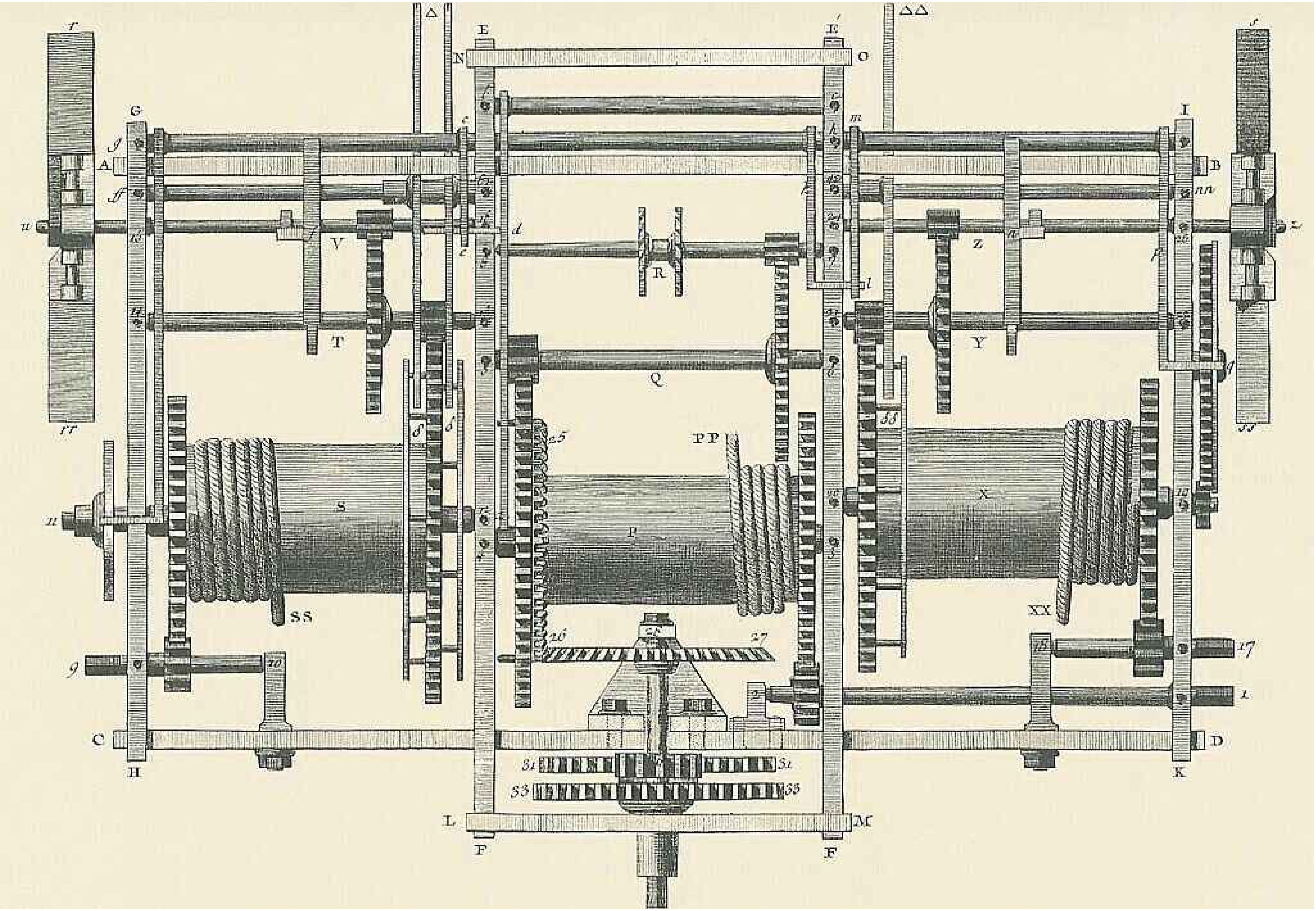




Jt=Jm+JI

Dt=Dm+DI



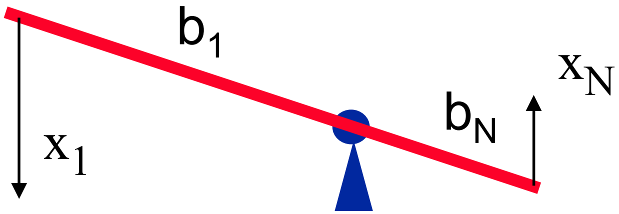


Δ
ΔΔ
E
N
O
G
I
A
B
V
Z
R
T
Y
Q
PP
S
P
X
SS
XX
25
26
27
9
10
17
C
D
H
K
31
33
L
M
F

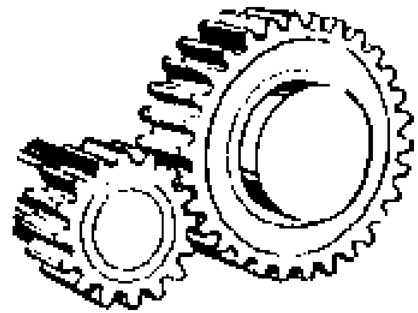
Il Riduttore (ingranaggi)

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):

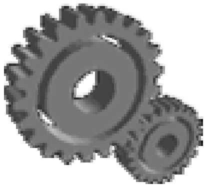
$$F_1 * x_1 = F_N * x_N \quad => \quad F_1 = F_N(x_N/x_1) = F_N(b_N/b_1)$$

Anche la potenza è costante quindi derivando la precedente:

$$F_1 * v_1 = F_N * v_N \quad => \quad F_1 = F_N(v_N/v_1) = F_N(b_N/b_1)$$

Riduttore:

Il lavoro è costante quindi :



$$C_1\theta_1 = C_2\theta_2$$

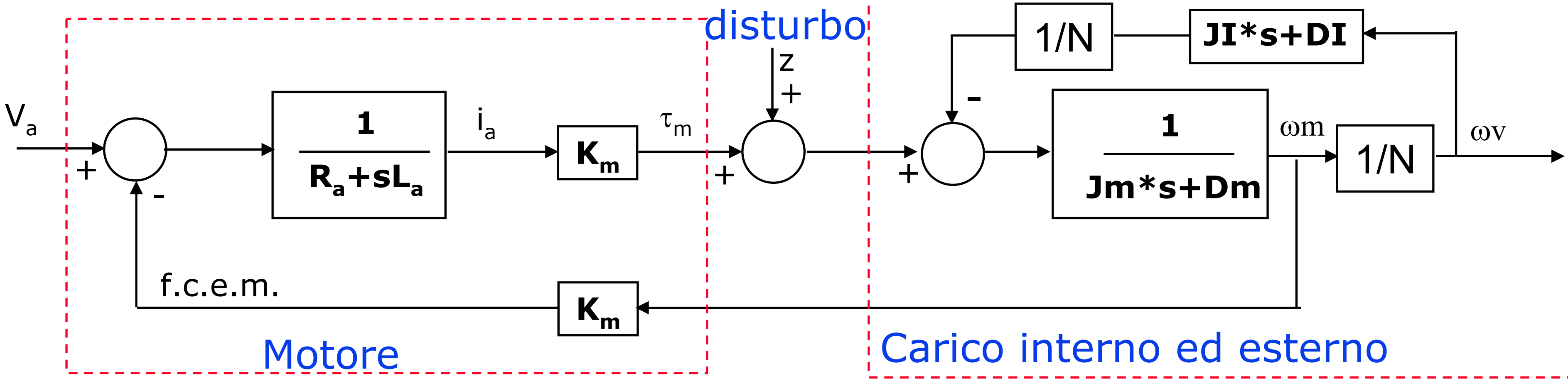
Anche la potenza è costante quindi derivando la precedente:

$$C_1\omega_1 = C_N\omega_N$$

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

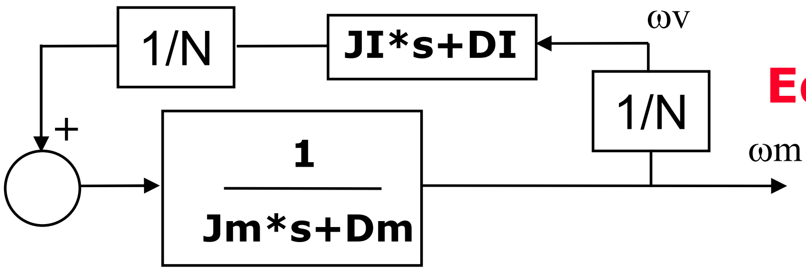
L'albero di uscita è più lento ma fornisce coppia maggiore (es.: cambio della bicicletta)

Schema con carico e riduttore

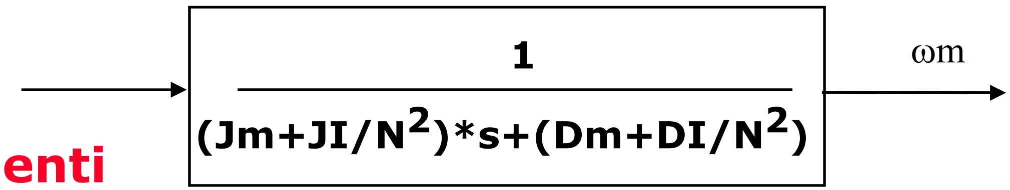


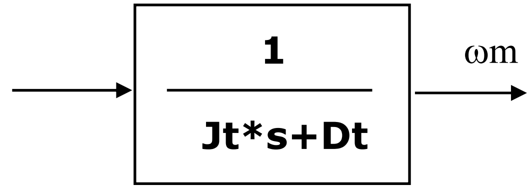
$$\frac{\dfrac{1}{Jm*s+Dm}}{1+\dfrac{1}{Jm*s+Dm}\;\dfrac{JI*s+DI}{N^2}} = \frac{\cancel{\dfrac{1}{Jm*s+Dm}}}{\dfrac{(Jm*s+Dm)N^2+JI*s+DI}{\cancel{(Jm*s+Dm)}\,N^2}} =$$

$$= \frac{1}{\dfrac{(Jm*s+Dm)N^2+JI*s+DI}{N^2}} = \frac{1}{(Jm+JI/N^2)*s+Dm+DI/N^2}$$



Equivalenti





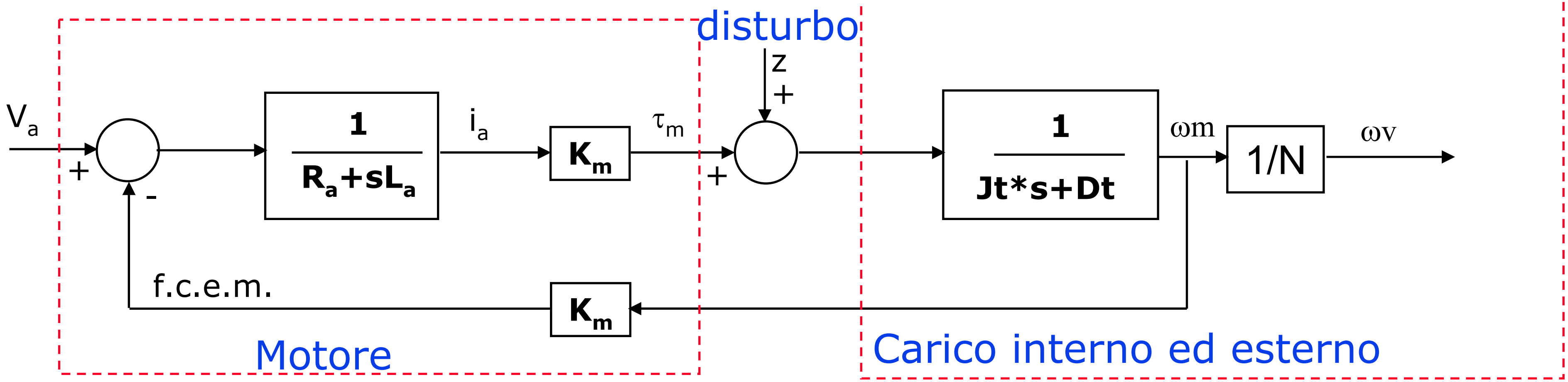
$Jt=Jm+JI/N^2$

$Dt=Dm+DI/N^2$!

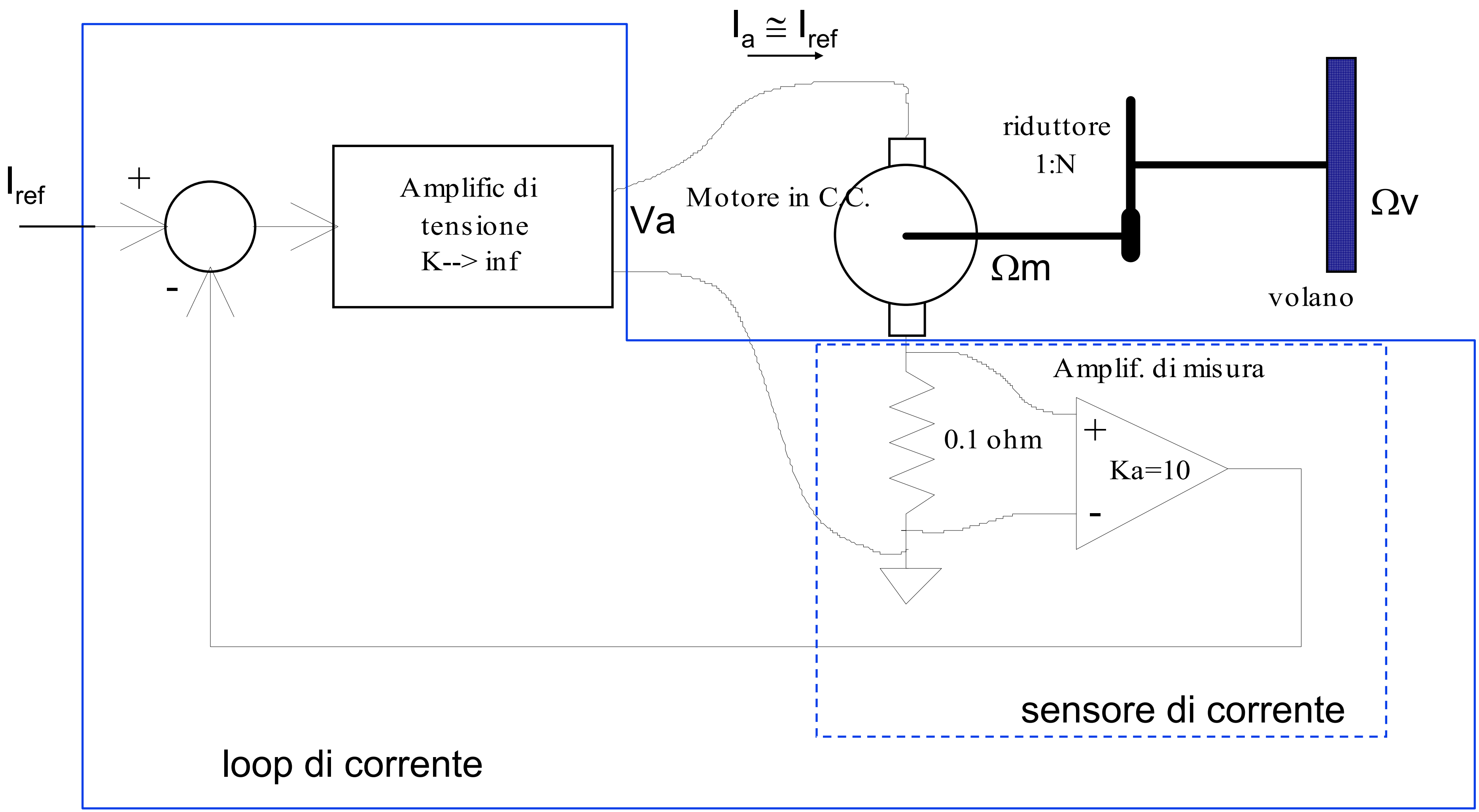
Se N=100,
l'effetto del carico esterno è ridottissimo

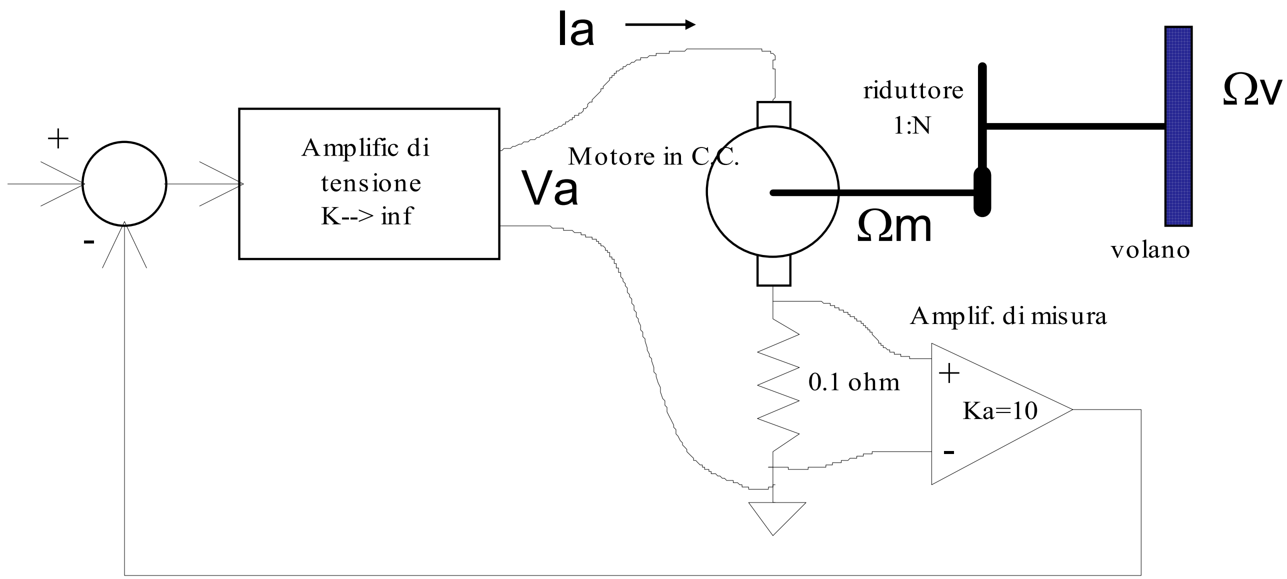
Schema con carico e riduttore

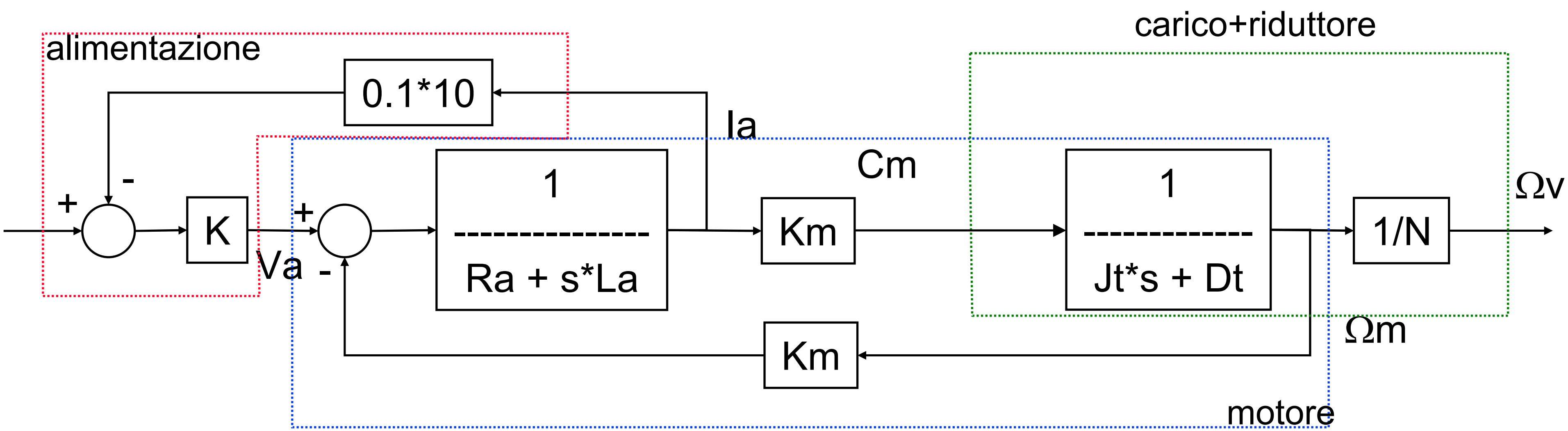
Coppia di disturbo

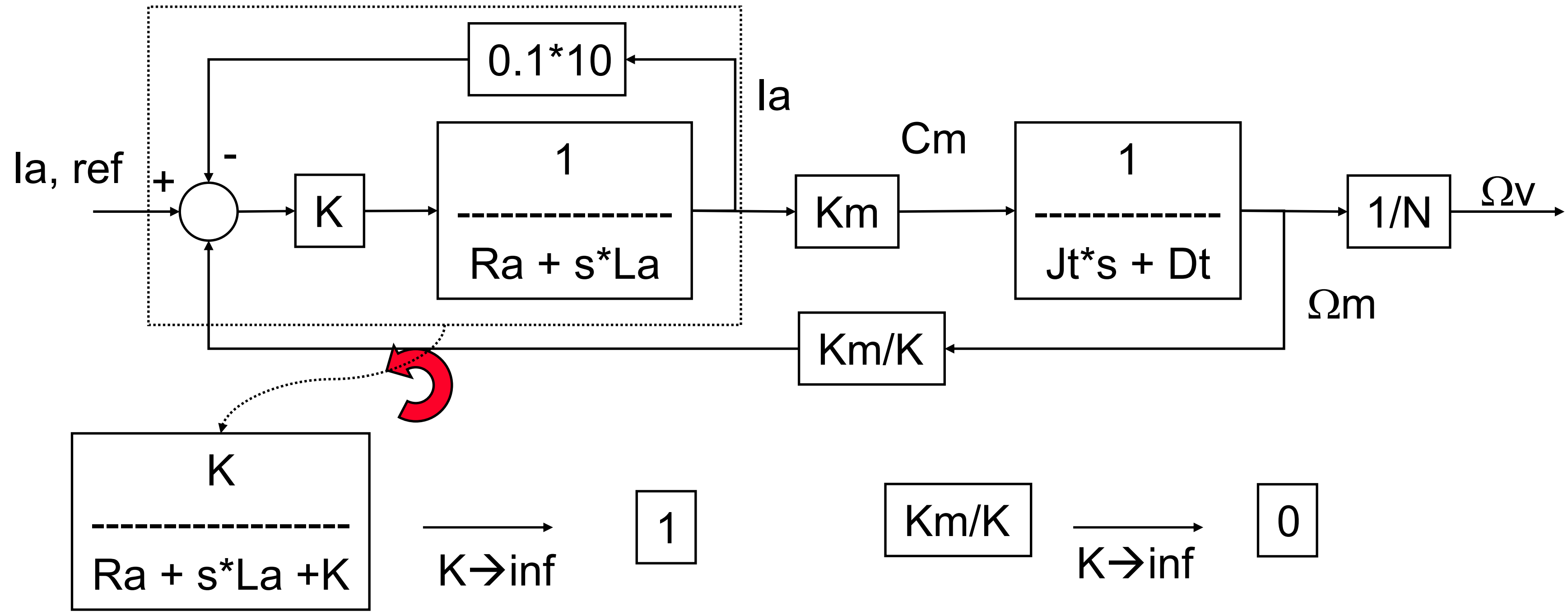


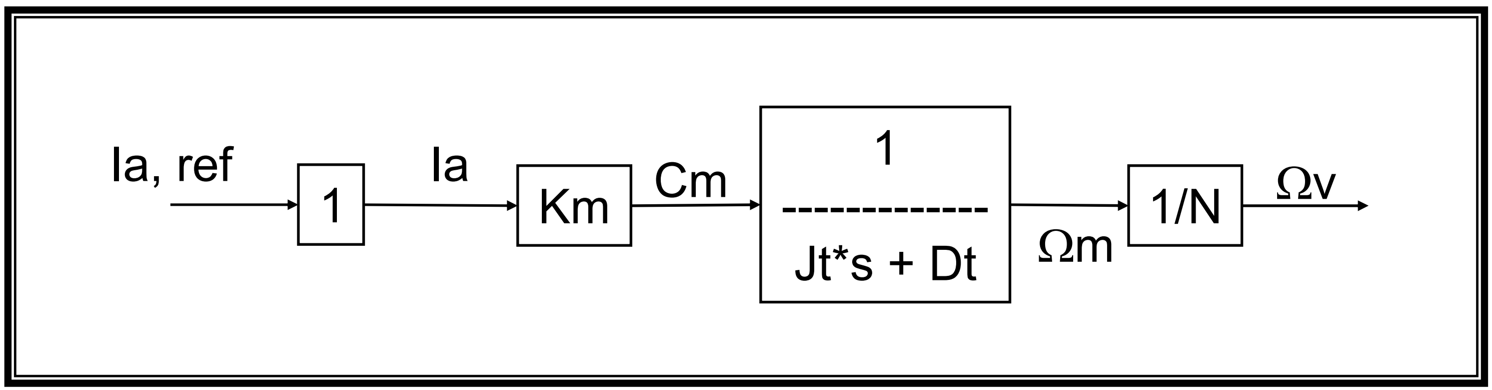
Controllo in corrente sull'armatura




Ia
+
-
Amplific di
tensione
K--> inf
Va
Motore in C.C.
riduttore
1:N
Ωv
Ωm
volano
Amplif. di misura
0.1 ohm
+
Ka=10
-


alimentazione
0.1*10
Ia
carico+riduttore
Cm
+
-
K
+
Va -
1
Ra + s*La
Km
1
Jt*s + Dt
1/N
Ωv
Km
Ωm
motore





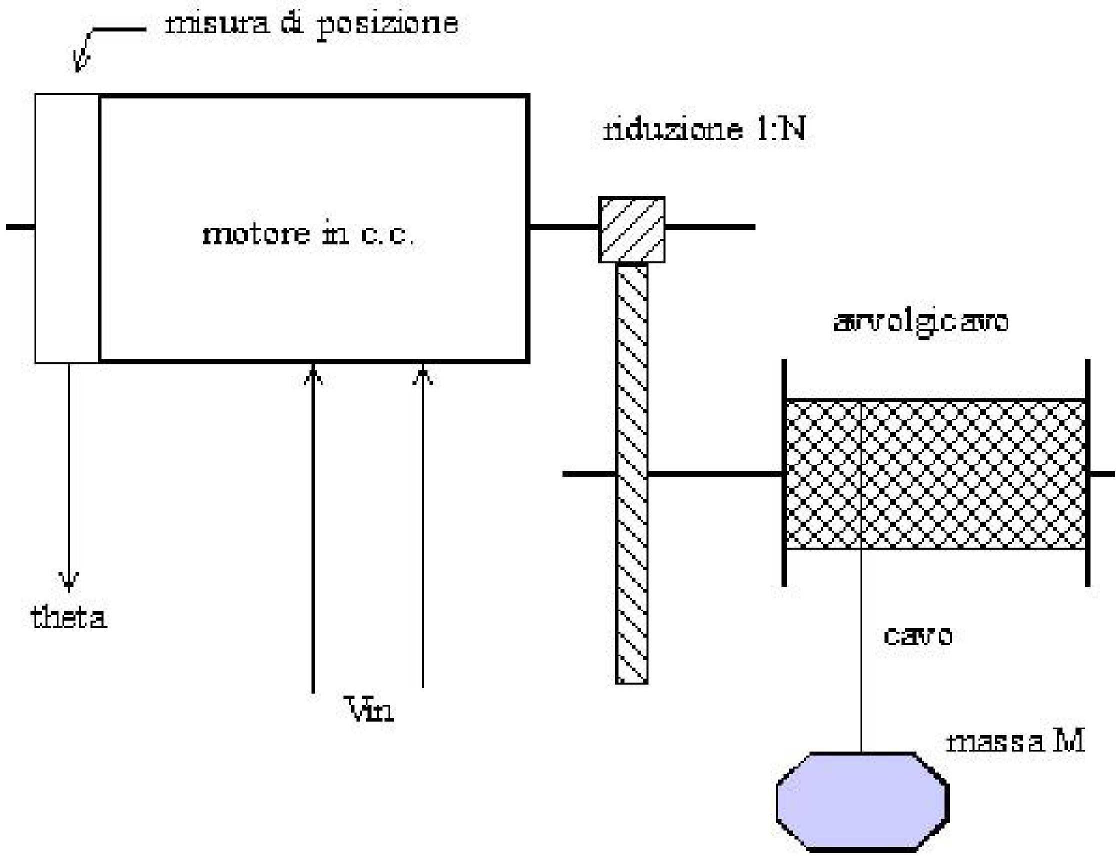
Il controllo in corrente equivale a controllare la coppia

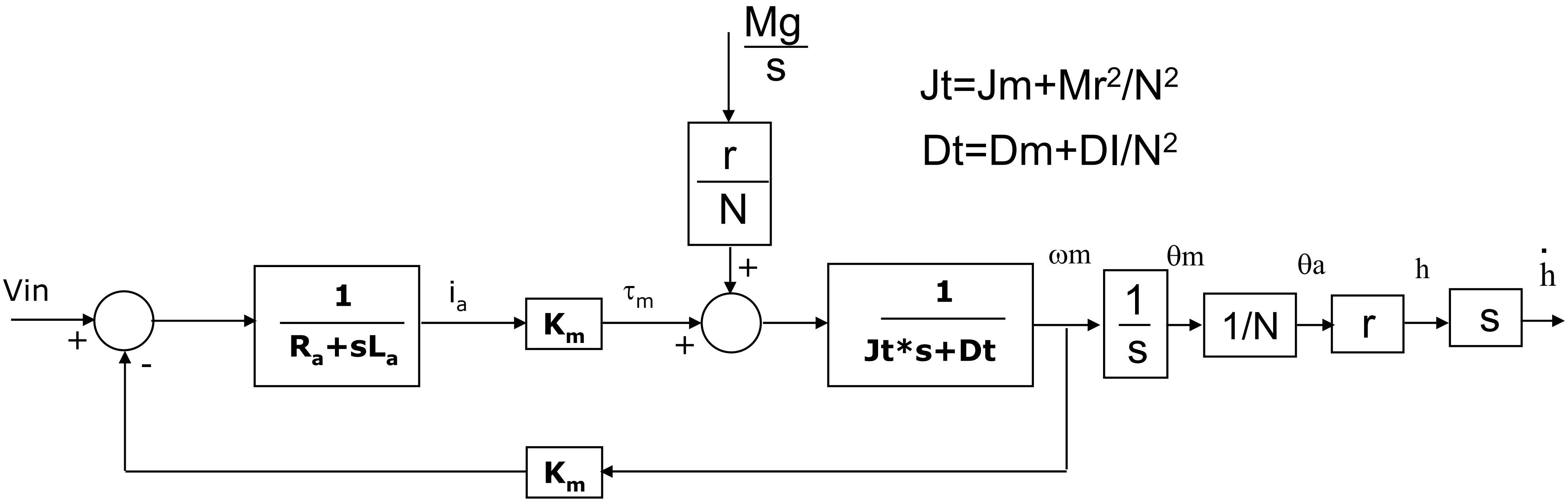
1) Si deve controllare la quota **h** della massa **M** col sistema raffigurato. Si determinino:

a) la funzione di trasferimento tra **Vin** e **theta** e quella tra **theta** e quota della massa **M**

b) la velocità di caduta a regime della massa quando **Vin=0** (alimentazione in corto)

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

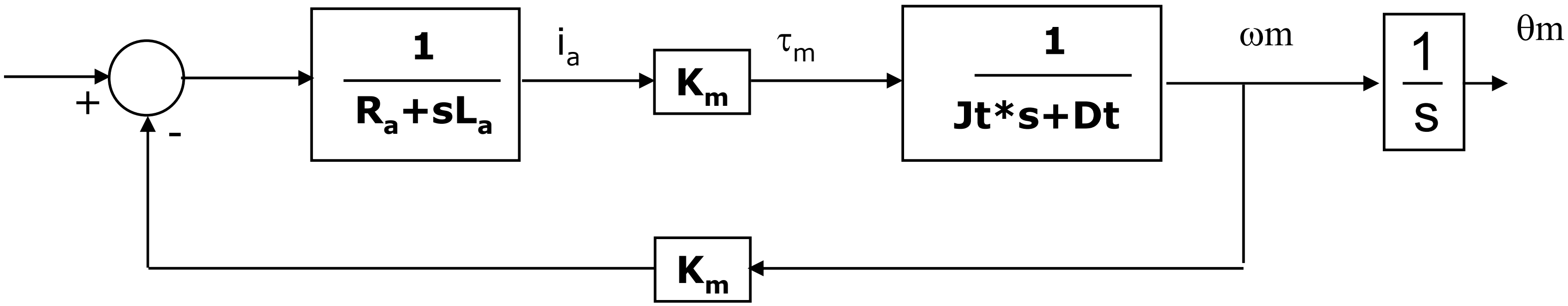




$Jt = Jm + Mr^2/N^2$

$Dt = Dm + Dl/N^2$

Funzione di Trasferimento tra Vin e θm:



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

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

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

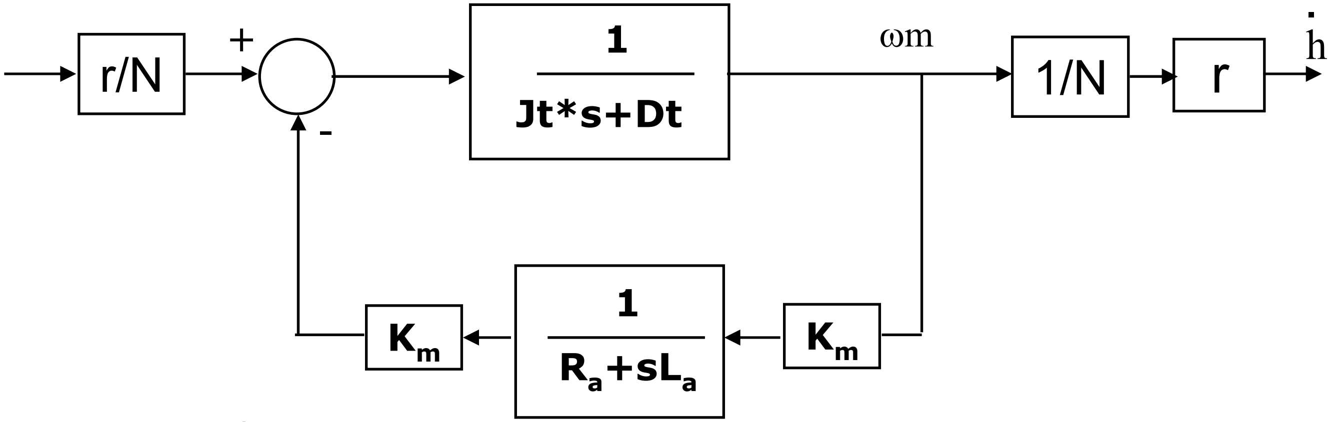
$$\frac{\theta_m}{V_{in}} = \frac{1}{s} \frac{K_m}{(Ra+sLa)(Jt^*s+Dt) + K_m^2}$$

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 :

$$P(s) = \frac{Mg}{s}$$



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

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

$$\dot{h} = \frac{(Ra+sLa)}{(Ra+sLa)(Jt*s+Dt) + Km^2} \frac{r2}{N2} \frac{Mg}{s}$$

$$\frac{dh}{dt}(\infty) = \lim_{s \to 0} s \frac{(Ra+sLa)}{(Ra+sLa)(Jt*s+Dt) + Km^2} \frac{r2}{N2} \frac{Mg}{s} =$$

$$= \frac{Ra}{Ra*Dt + Km^2} \frac{r2}{N2} Mg$$