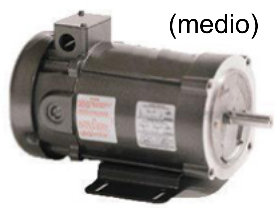
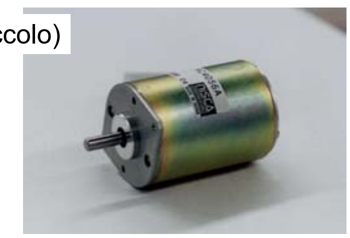
Motore in Corrente Continua

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

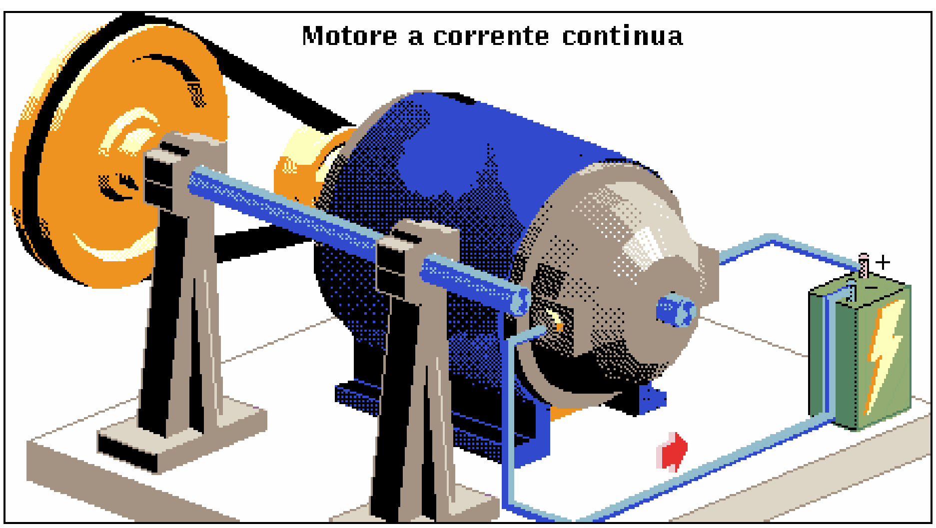
(medio)



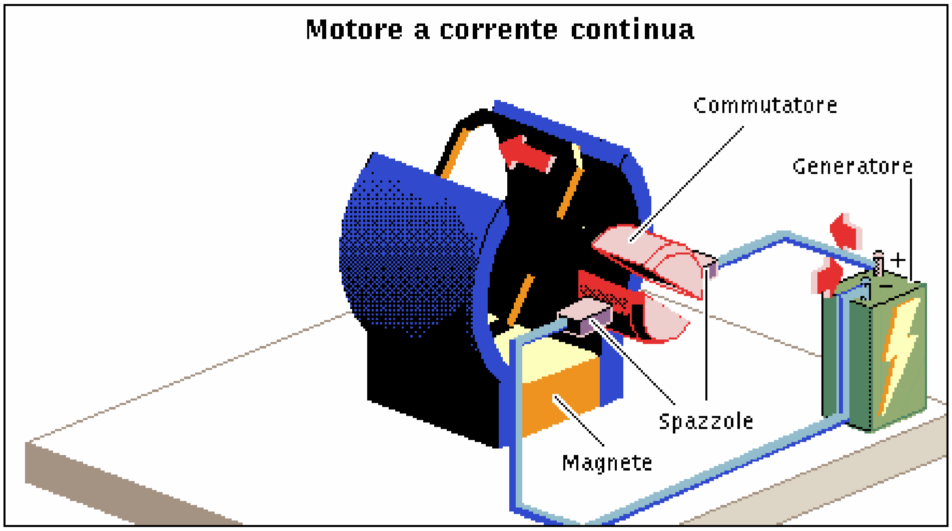
(piccolo)



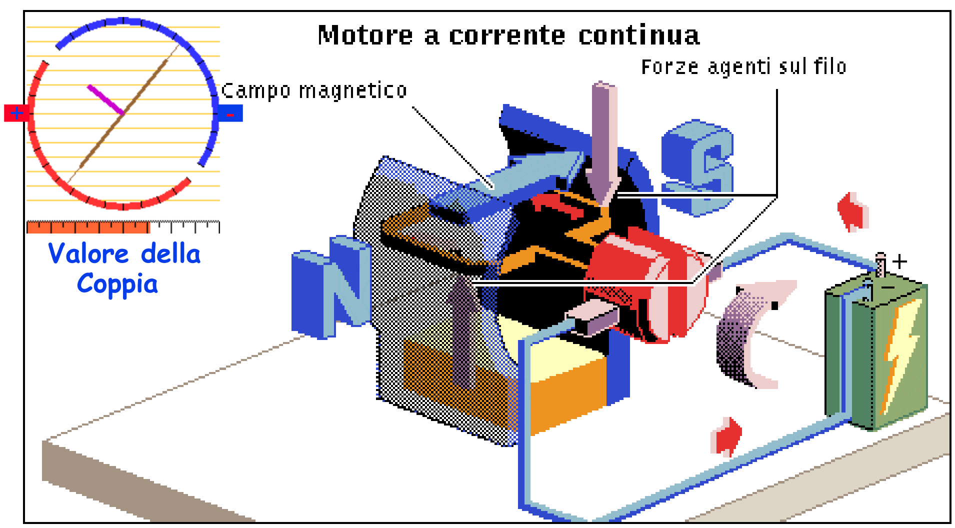
Motore a corrente continua



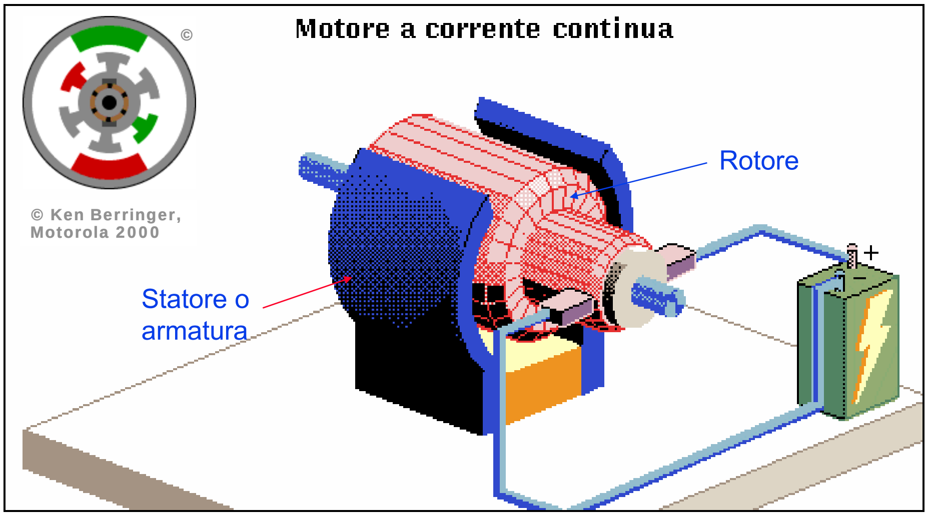
Circuito con una spira



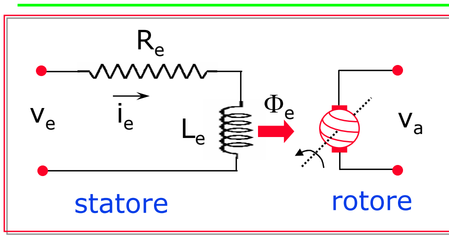
Coppia indotta dal passaggio di corrente

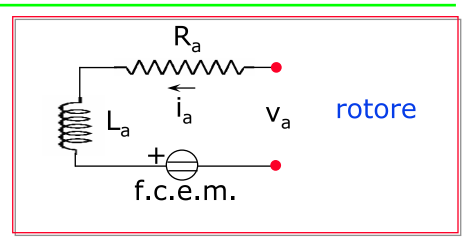


Motore con più spire



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

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

Eccitazione costante

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

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 lineari

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:

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

$$\tau_m = K_m I_a$$

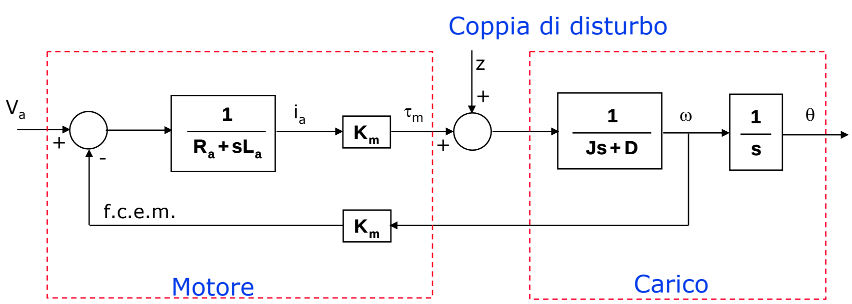
Equazione di un carico con inerzia J ed attrito D :

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

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

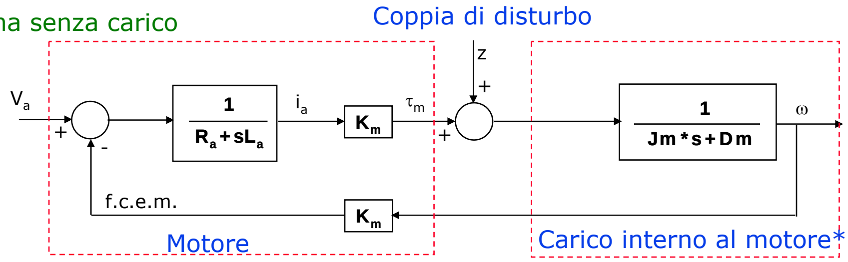
$$\Omega(s) = \frac{1}{Js + D}\tau_m$$

Lo schema a blocchi che ne risulta è il seguente:



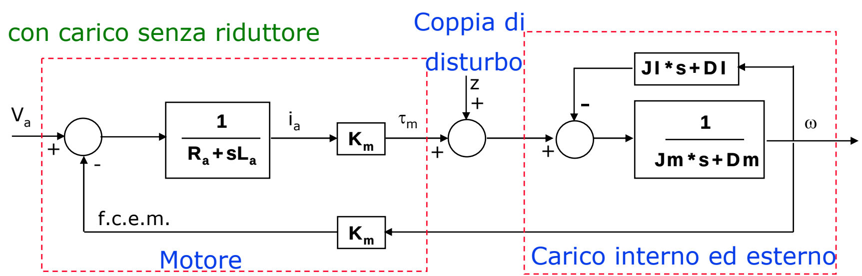
Schema a Blocchi

Schema senza carico

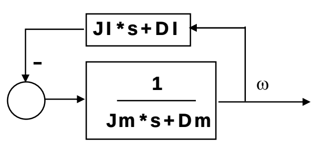


*) inerzia rotore, attriti spazzole

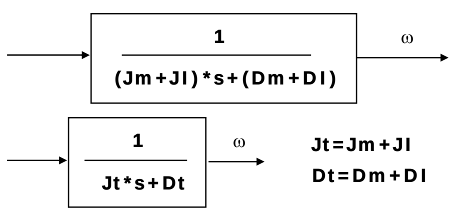
Schema con carico senza riduttore



Semplificazione

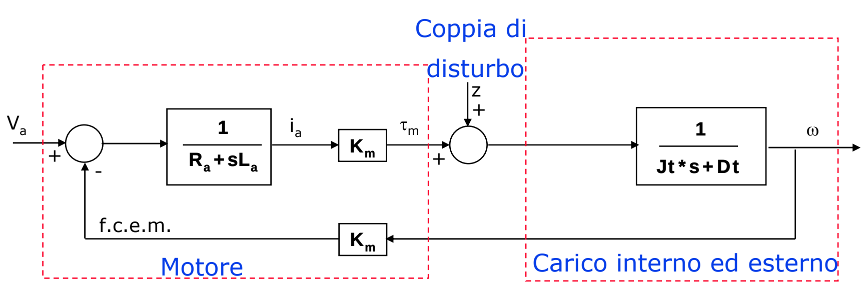


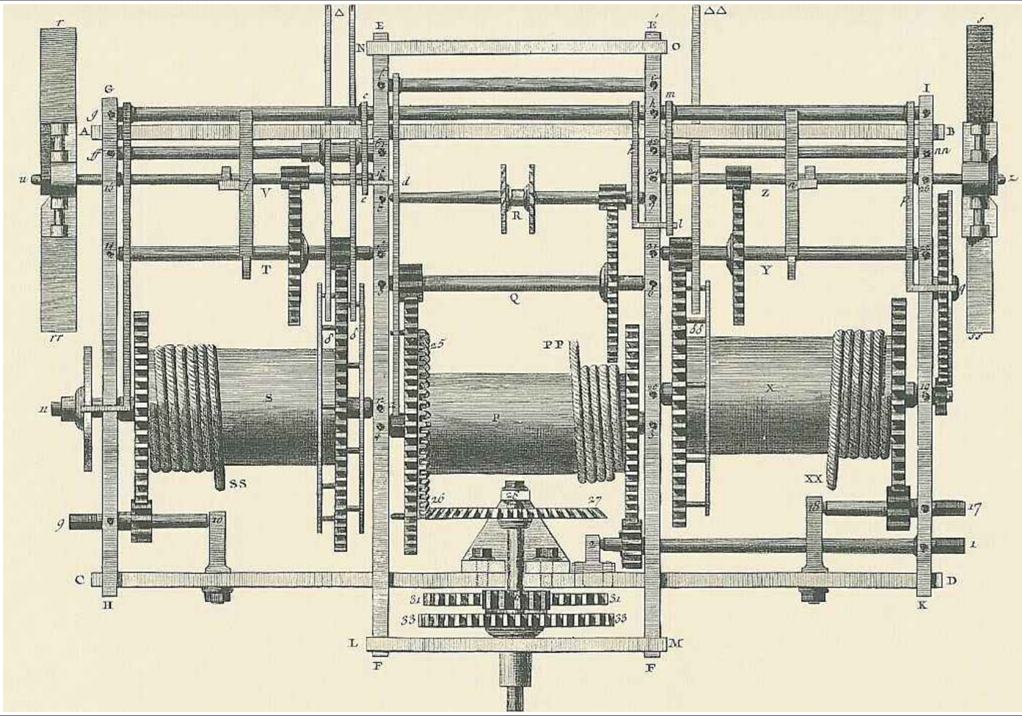
Equivalenti



Jt=Jm+Jl

Dt=Dm+Dl

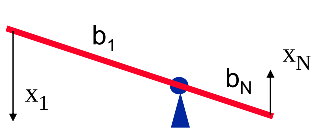




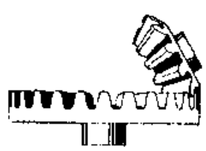
Il Riduttore (ingranaggi)

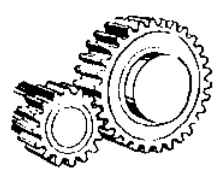
In generale i motori in c.c. sono troppo veloci e
danno una coppia ridotta rispetto alle esigenze dei carichi.

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):

$F_1{*}x_1=F_N{*}x_N \;\Rightarrow\; F_1=F_N(x_N/x_1)=F_N(b_N/b_1)$

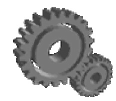
Anche la potenza è costante quindi derivando la precedente:

$F_1{*}v_1=F_N{*}v_N \;\Rightarrow\; F_1=F_N(v_N/v_1)=F_N(b_N/b_1)$

Il Riduttore

Riduttore:

Il lavoro è costante quindi :



$$C_1\theta_1 = C_2\theta_2$$

Anche la potenza è costante quindi derivando la precedente:

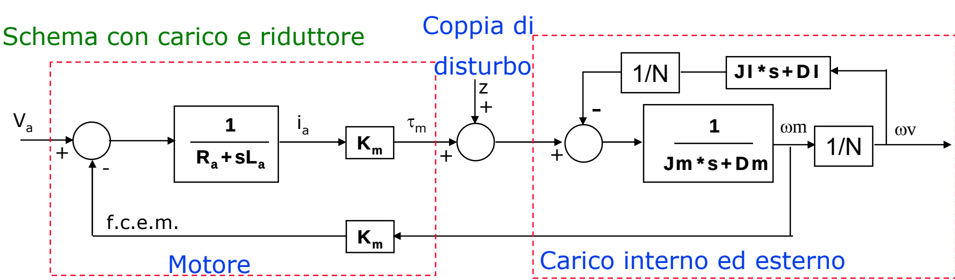
$$C_1\omega_1 = C_N\omega_N$$

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

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

Schema a blocchi

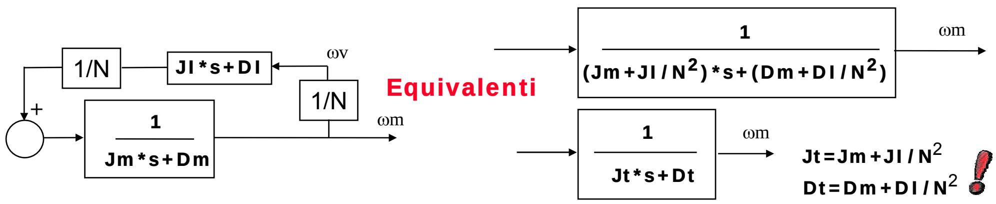
Schema con carico e riduttore



$$\frac{\frac{1}{Jm*s+Dm}}{1+\frac{1}{Jm*s+Dm}\,\frac{Jl*s+Dl}{N^2}} = \frac{\frac{1}{\cancel{Jm*s+Dm}}}{\frac{(Jm*s+Dm)N^2+Jl*s+Dl}{\cancel{(Jm*s+Dm)}\,N^2}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{(Jm*s+Dm)N^2+Jl*s+Dl}{N^2}} = \frac{1}{(Jm+Jl/N^2)*s+Dm+Dl/N^2}$$

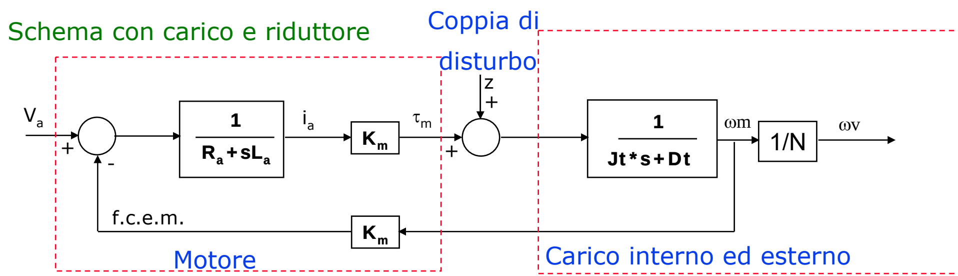
Semplificazione



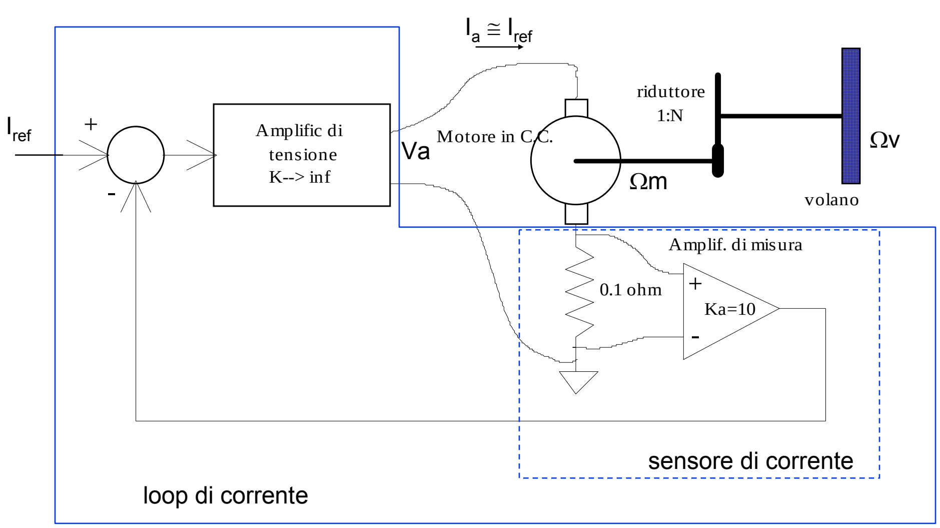
$Jt=Jm+Jl/N^2$

$Dt=Dm+Dl/N^2$

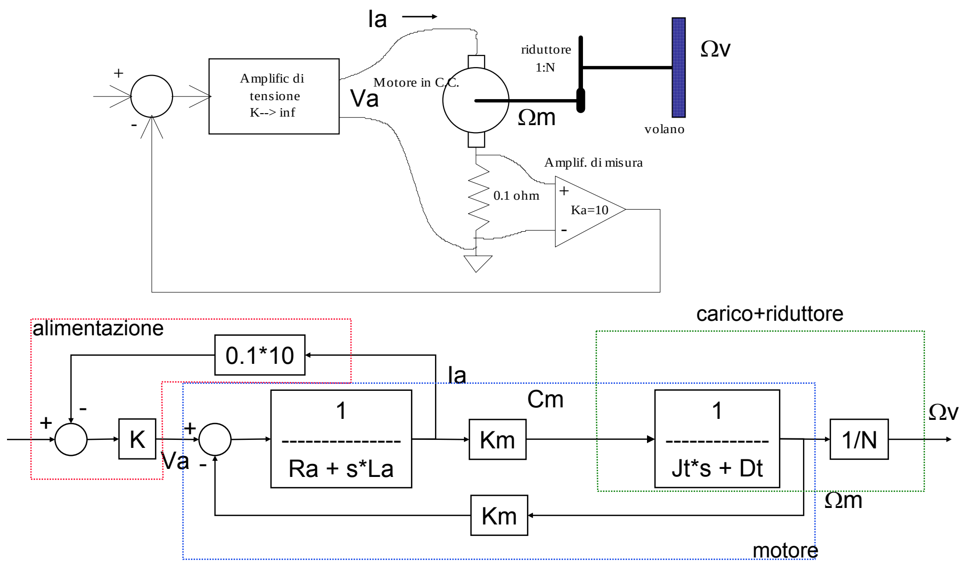
Se N=100,
l'effetto del carico esterno è ridottissimo



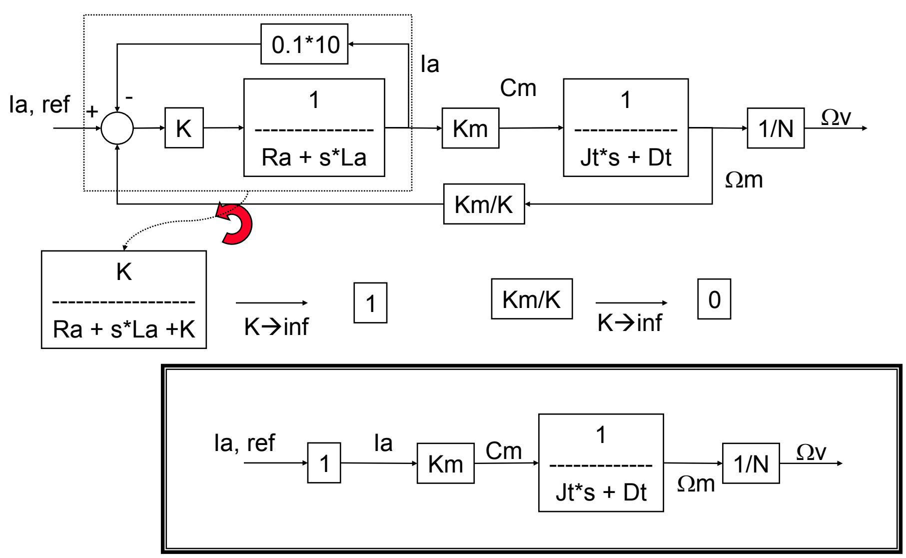
Controllo in corrente sull'armatura



SCHEMA A BLOCCHI



SEMPLIFICAZIONE



Il controllo in corrente equivale a controllare la coppia

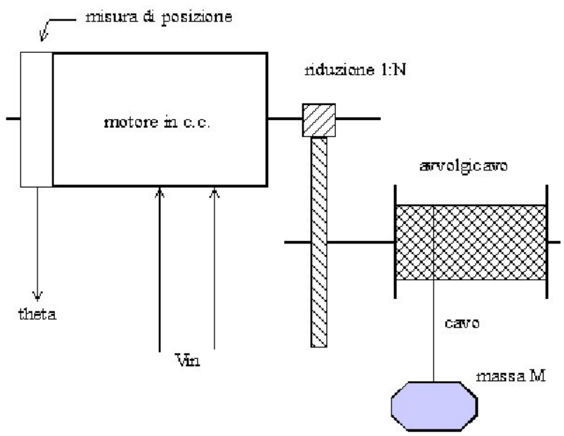
Esercizio (Esame 7-11-2000)

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

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)

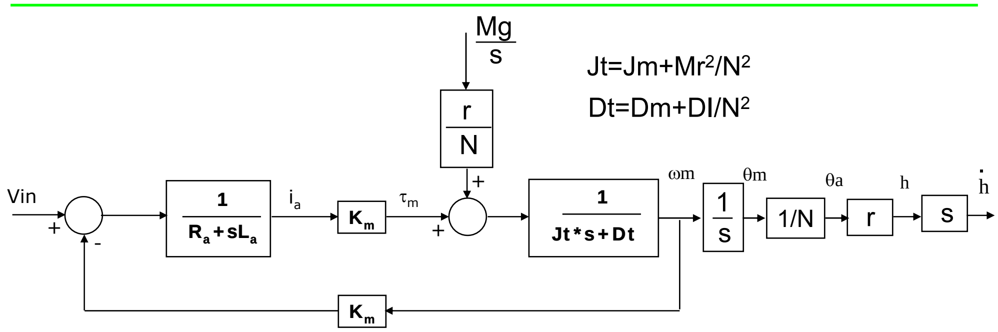
La massa è soggetta alla gravità e si possono trascurare gli attriti e le inerzie delle ruote dentate.



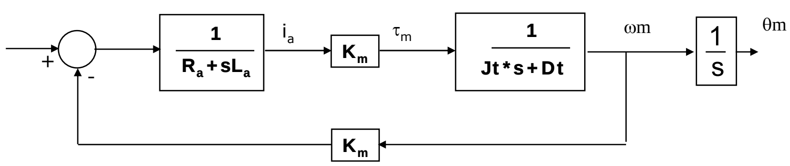
Soluzione Esercizio

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

$Dt=Dm+Dl/N^2$



Funzione di Trasferimento tra V_{in} e θ_m:



Soluzione Esercizio

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

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

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

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

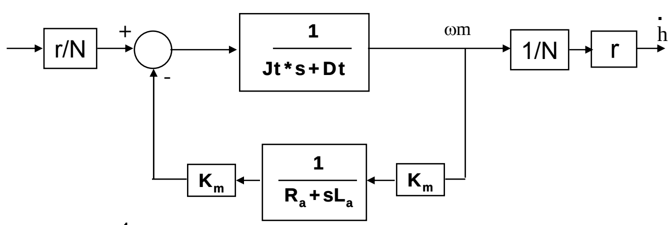
Funzione di Trasferimento tra θ_m e h:

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

Soluzione Esercizio

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

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



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

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

Soluzione Esercizio

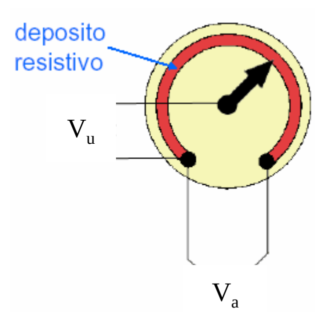
$$\dot{h} = \frac{(Ra+sLa)}{(Ra+sLa)(Jt*s+Dt) + Km^2} \frac{r2}{N2} \frac{Mg}{s}$$

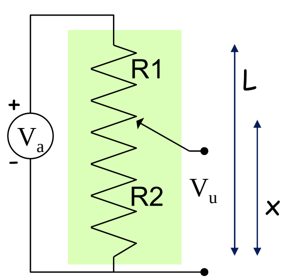
$$\frac{dh}{dt}(\infty) = \lim_{s\to 0} s \frac{(Ra+sLa)}{(Ra+sLa)(Jt*s+Dt) + Km^2} \frac{r2}{N2} \frac{Mg}{s} =$$

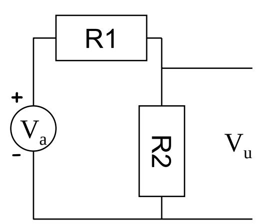
$$= \frac{Ra}{Ra*Dt + Km^2} \frac{r2}{N2} Mg$$

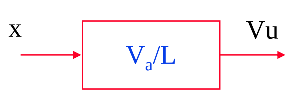
Potenziometro

Trasduttore posizione-tensione.
Può essere lineare o rotativo (fino a 10 giri).









$$V_u = \frac{R_2 V_a}{R_1 + R_2} = \frac{\rho x V_a}{\rho L} = \frac{V_a}{L} x$$

ρ : resistività [Ω/m]