i due blocchi ruotano a velocità diverse → sono distanziati (1)

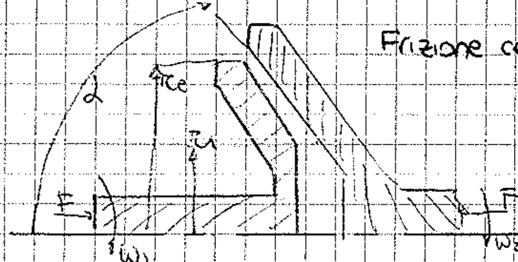
Se applichiamo una forza F i dischi si impaccano → iniziano a strusciare tra di loro (su 4 zone)

Moltiplico per 4 il momento trasmesso (4 zone di strusciamento relativo)

$$M_F = \underset{m}{4} \cdot f \cdot F \cdot \frac{r_i + r_e}{2}$$

La frizione automobilistica è di questo tipo con $m = 2$

Frizione conica

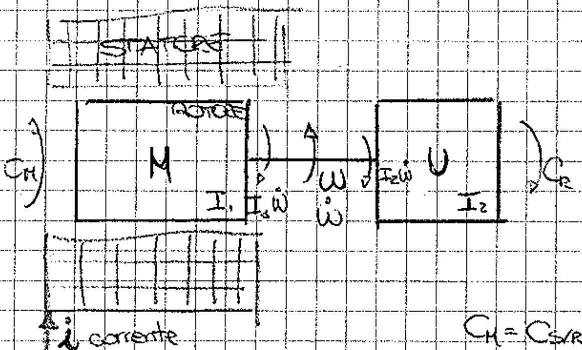


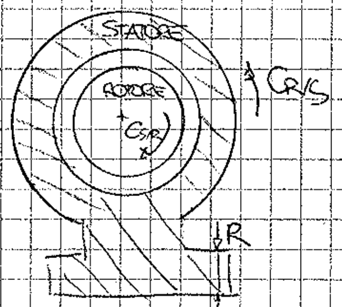
$$M_F = \frac{f \cdot F \cdot (r_i + r_e)}{2 \sin\alpha} = \frac{f}{\sin\alpha} F \frac{r_i + r_e}{2} = f' F \frac{r_i + r_e}{2}$$

$$f' = \frac{f}{\sin\alpha}$$

Si può utilizzare l'angolo di conicità per aumentare il momento

TRASITORI NEI SISTEMI MECCANICI cap 6





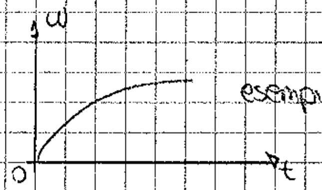
$C_M = C_{S/R} = C_{R/S}$

$$C_M - C_R - (I_1 + I_2)\dot{\omega} = 0 \qquad \dot{\omega} = \frac{d\omega}{dt}$$

EQUAZIONE DEL MOTO

⇓

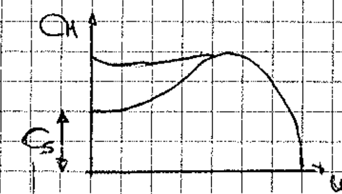
LEGGE DEL MOTO: $\omega(t) = \dots$



Se la coppia del motore e dell'utilizzatore dipendono dalla velocità:

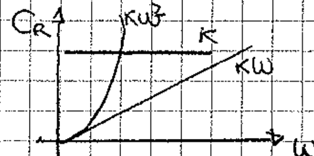
$$C_M(\omega) - C_R(\omega) - (I_1 + I_2)\frac{d\omega}{dt} = 0$$

$C_M(\omega)$ e $C_R(\omega)$ si dicono CARATTERISTICHE MECCANICHE



COPPIA DI SPUNTO (con dei condensatori posso aumentare questa coppia)

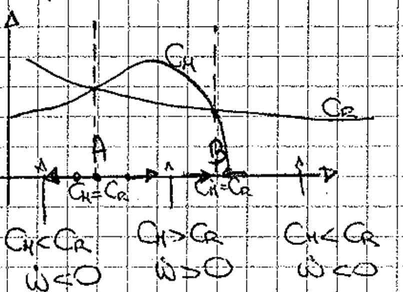
Se il rotore viene realizzato con delle barre di rame dentro (ROTORE A GABBIA DI SCOIATTOLO) il grafico diventa quello sopra (a biro)



Coppia resistente in funzione della velocità

$$\dot{\omega} = \frac{d\omega}{dt} = \frac{C_M - C_R}{I_{TOT}}$$

Confronto sullo stesso diagramma di coppia motore e coppia resistente:



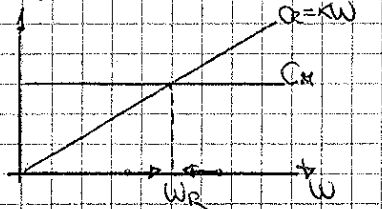
Questi due punti sono detti punti di equilibrio del sistema (motore ed utilizzatore esercitano lo stesso coppia)

$\dot\omega = 0$ $\omega =$ costante

A è però una condizione di equilibrio instabile!

B invece è una condizione di equilibrio STABILE
↳ PUNTO DI FUNZIONAMENTO
↳ VELOCITÀ DI REGIME

• $C_M =$ costante $C_R = K\omega$



$$C_M - K\omega = I\frac{d\omega}{dt} \qquad I = I_1 + I_2$$

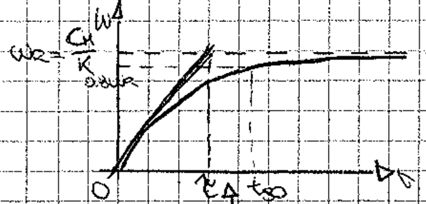
$$I\frac{d\omega}{C_M - K\omega} = dt \qquad I\int_0^{\omega(t)}\frac{d\omega}{C_M - K\omega} = \int_0^t dt$$

$$A = C_M - K\omega \qquad dA = -K\,d\omega$$

$$I\int_{C_M}^{C_M-K\omega} -\frac{dA}{KA} = \int_0^t dt \qquad t = -\frac{I}{K}\ln\frac{C_M - K\omega}{C_M}$$

$$-t\frac{K}{I} = \ln\left(1 - \frac{K\omega}{C_M}\right)$$

$$e^{-t\frac{K}{I}} = 1 - \frac{K\omega}{C_M} \qquad \omega = \frac{C_M}{K}\left(1 - e^{-t\frac{K}{I}}\right)$$



TRANSITORIO DI AVVIAMENTO DEL SISTEMA

Se $\frac{d\omega}{dt} = \dot\omega = 0$ $C_M = K\omega_R$ $\frac{C_M}{K} = \omega_R$

Questo è un punto di funzionamento stabile, e $\omega_R = \frac{C_M}{K}$ è la velocità di regime

In teoria questo sistema tende a raggiungere la ω_R solo per $t \to \infty$, ma in pratica la raggiunge prima ⇒ teoricamente non posso calcolare questo tempo

Posso però calcolare il tempo necessario (t_{90}) per raggiungere il 90% della velocità di regime

$$t_{90} = -\frac{I}{K}\ln\left(1 - \frac{K}{C_M}\cdot 0.9\omega_R\right) = -\frac{I}{K}\ln\left(1 - \frac{0.9\omega_R}{\omega_R}\right) = -\frac{I}{K}\ln 0.1 = \frac{I}{K}\ln 10$$

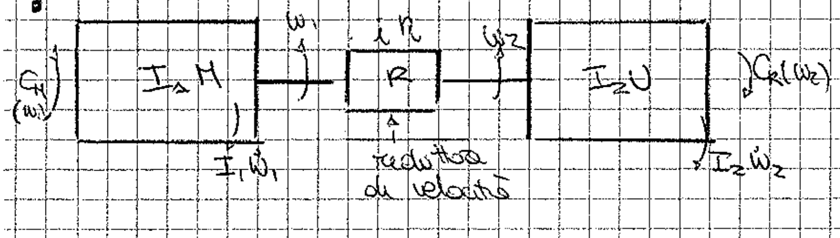
$$\omega = \omega_R\left(1 - e^{-t\frac{K}{I}}\right)$$

$\left.\frac{d\omega}{dt}\right|_{t=0} = \omega_R\frac{K}{I}e^0 = \omega_R\frac{K}{I}$ pendenza della retta tangente nell'origine

$$\omega_R\frac{K}{I} = \frac{\omega_R}{\tau} \qquad \boxed{\tau = \frac{I}{K}}$$

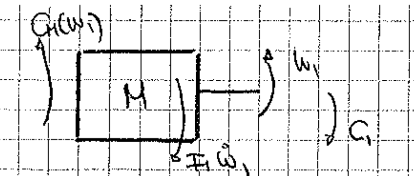
COSTANTE DI TEMPO

CON RIDUTTORE DI VELOCITÀ

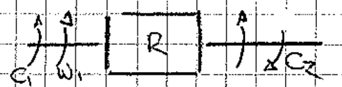


$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\dot\omega_1}{\dot\omega_2}$$

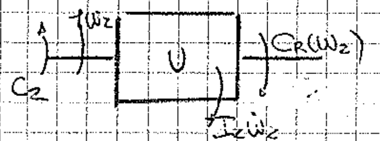
$$\eta = \frac{C_2\omega_2}{C_1\omega_1} = \frac{C_2}{C_1 i}$$



$$C_M - I_1\dot{\omega}_1 - C_1 = 0$$



$$C_2 = C_1 \cdot i\eta$$

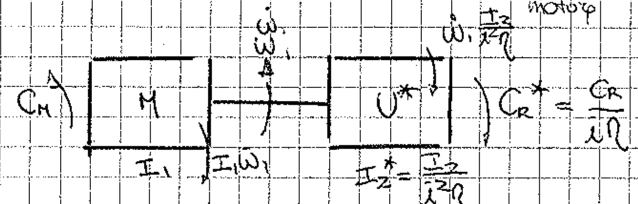


$$C_2 - C_R - I_2\dot{\omega}_2 = 0$$

- $$\begin{cases} C_2 = C_R + I_2\dfrac{\dot{\omega}_1}{i} = C_1 \cdot i\eta \\ C_1 = C_M - I_1 \cdot \dot{\omega}_1 \\ C_R + \dfrac{I_2}{i}\dot{\omega}_1 = i\eta(C_M - I_1\dot{\omega}_1) \end{cases}$$ ← equazione del moto del motore

$$\frac{C_R}{i\eta} + \frac{I_2}{i^2\eta}\dot{\omega}_1 - C_M + I_1\dot{\omega}_1 = 0$$

$$\underline{C_M - \frac{C_R}{i\eta} - \left(I_1 + \frac{I_2}{i^2\eta}\right)\dot{\omega}_1 = 0}$$



UTILIZZATORE VIRTUALE

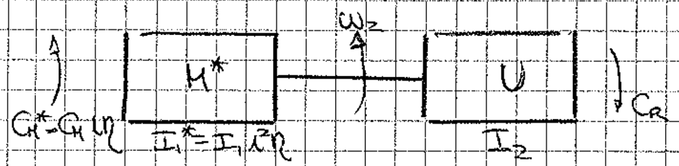
DINAMICA DEL SISTEMA DAL PUNTO DI VISTA DEL MOTORE

$$C_M - C_R^* - (I_1 + I_2^*)\dot{\omega}_1 = 0$$

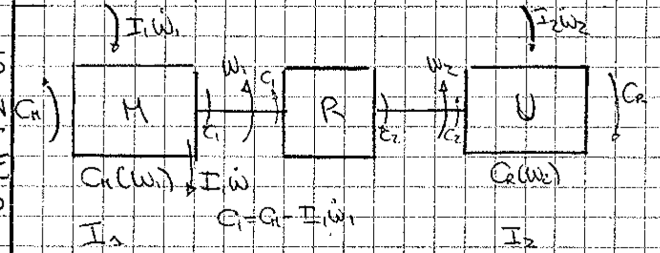
- $$\begin{cases} C_1 = C_M - I_1 i\dot{\omega}_2 = \dfrac{C_2}{i\eta} \\ C_2 = C_R + I_2\dot{\omega}_2 \\ C_M - I_1 i\dot{\omega}_2 - \dfrac{C_R}{i\eta} - \dfrac{I_2}{i\eta}\dot{\omega}_2 = 0 \end{cases}$$

$$\underline{C_M \cdot i \cdot \eta - C_R - (I_1 i^2\eta + I_2)\dot{\omega}_2 = 0}$$

DINAMICA DEL SISTEMA DAL PUNTO DI VISTA DELL'UTILIZZATORE



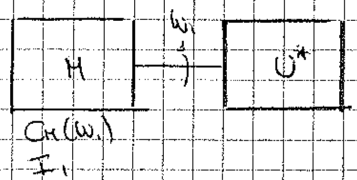
SINTESI



$C_1 = C_M - I_1\dot{\omega}_1$

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

$$\eta = \frac{C_2\omega_2}{C_1\omega_1}$$



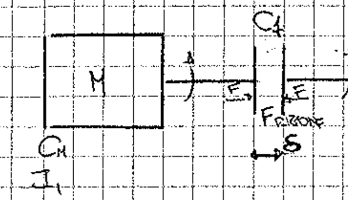
$$C_R^* = \frac{C_R}{i\eta}$$

$$I_2^* = \frac{I_2}{i^2\eta}$$

$$C_M^* = C_M \cdot i\eta$$

$$I_1^* = I_1 \cdot i^2\eta$$

CON FRIZIONE

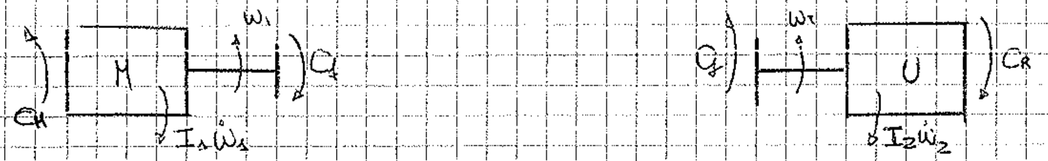


$s > 0 \quad C_f = 0$ FRIZIONE NON INNESTATA

$s = 0,\ \omega_1 \neq \omega_2 \quad C_f = m f F \frac{R_i + R_e}{2}$ FRIZIONE INNESTATA CON STRISCIAMENTO

$s = 0,\ \omega_1 = \omega_2 \quad C_f \leq m f_A F \frac{R_i + R_e}{2}$ FRIZIONE INNESTATA IN ADERENZA

Voglio studiare il transitorio di innesto della frizione

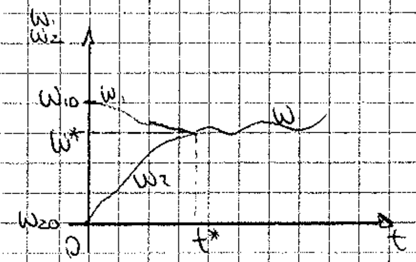


$C_M - C_f = I_1 \dot{\omega}_1 \qquad\qquad C_f - C_R = I_2 \dot{\omega}_2$

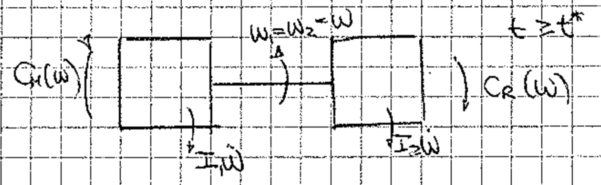
$C_M - C_f = I_1 \frac{d\omega_1}{dt} \qquad\qquad C_f - C_R = I_2 \frac{d\omega_2}{dt}$

$\omega_1(t) = \ldots\ldots$ LEGGE DEL MOTO $\omega_2(t) = \ldots\ldots$

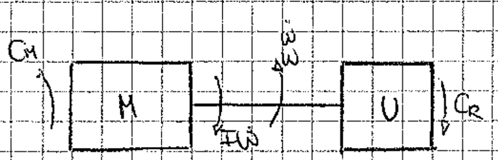
DEL MOTORE — DELL'UTILIZZATORE



Quando al tempo t^* le due parti girano alla stessa velocità ω^* la frizione non c'è più (è come se fosse un pezzo di albero rigido)

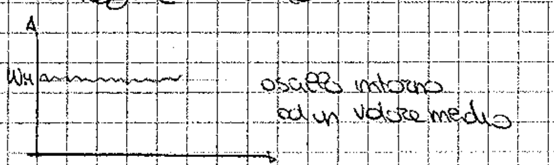


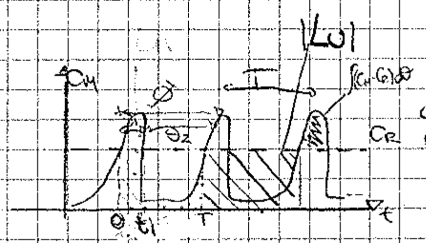
$$C_M - C_R = (I_1 + I_2)\frac{d\omega}{dt} \Rightarrow \omega(t) = \ldots$$



$$C_M - C_R = I\frac{d\omega}{dt}$$

a regime $\dot{\omega} = 0$





La coppia trasmessa dal motore non è costante, però si ripete nel tempo

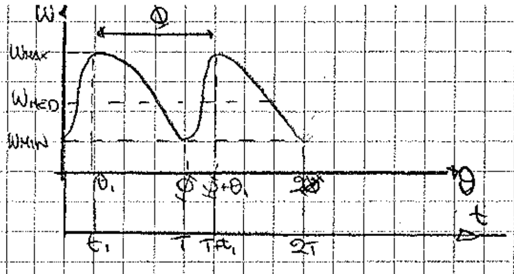
Se questo motore è accoppiato con una coppia resistente costante C_R

Tra 0 e t_1 la C_M è sempre maggiore della C_R $\quad C_M > C_R \quad$ se $0 < t < t_1$

$0 < t < t_1 \qquad C_M > C_R \rightarrow \frac{d\omega}{dt} > 0 \qquad \Rightarrow 0 < \theta < \theta_1$

$t_1 < t < T \qquad C_M < C_R \rightarrow \dot{\omega} < 0 \qquad \Rightarrow \theta_1 < \theta < T$

Posso cercare una relazione tra ω e θ



$$\omega_{MED} = \frac{1}{T}\int_0^T \omega \, dT = \frac{\Phi}{T} \cong \frac{\omega_{MAX} + \omega_{MIN}}{2}$$

Una velocità è tanto più regolare quanto più sono vicini ω_{MAX} e ω_{MIN}

$$i = \frac{\omega_{MAX} - \omega_{MIN}}{\omega_{MED}}$$ GRADO DI IRREGOLARITÀ PERIODICA

$L_M = \int C_M \, d\theta$ LAVORO PRODOTTO DAL MOTORE

$L_U = -\int C_R \, d\theta$ LAVORO ASSORBITO DALL'UTILIZZATORE

$$L_E = L_M + L_U = 0 \, ?$$

$$L_E = \Delta E_C + \Delta E_E^{\to 0} + \Delta E_G^{\to 0} = \frac{1}{2} I (\omega_f^2 - \omega_i^2)$$

- Con $0 < t < t_1$, $0 < \theta < \theta_1$ $\quad C_M > C_R \quad \omega_{MIN} \to \omega_{MAX}$

$$L_E = L_M + L_U = \Delta E_C = \frac{1}{2} I (\omega_{MAX}^2 - \omega_{MIN}^2)$$

$$= \int_0^{\theta_1} C_M \, d\theta + \int_0^{\theta_1} - C_R \, d\theta = \int_0^{\theta_1} (C_M - C_R)\, d\theta = \frac{1}{2} I (\omega_{MAX} + \omega_{MIN})(\omega_{MAX} - \omega_{MIN}) =$$

$$= I \cdot \omega_{MED}^2 \cdot i$$

Per aumentare il valore complessivo del momento d'inerzia si installa un volano

diminuisce la i irregolarità della velocità