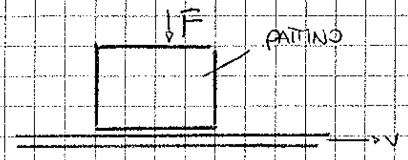
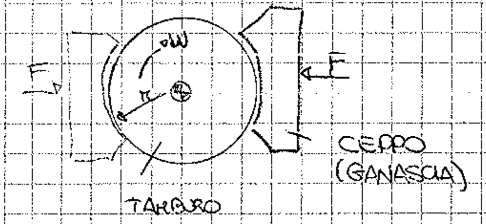
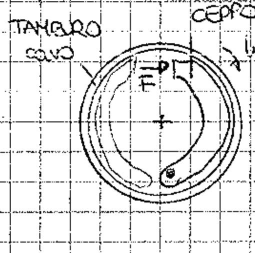
COMPONENTI MECCANICI AD ATTRITO

FRENI A PATTINO



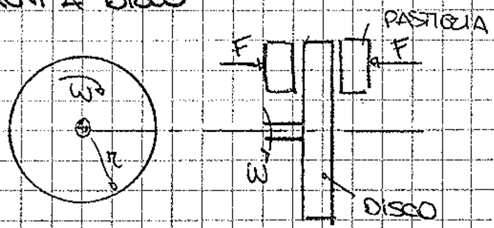
FRENI A CEPPI o A TAMBURO



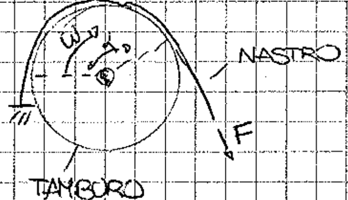


Freni a ceppi interni

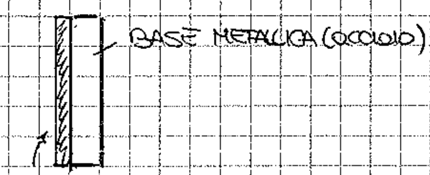
FRENI A DISCO



FRENO A NASTRO



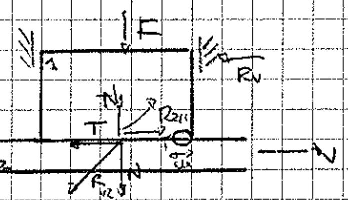
Di solito l'elemento frenato è di metallo → ACCIAIO



L'elemento frenante è un materiale morbido:
base di gomma con fibre (metalliche, minerali, tessili...)

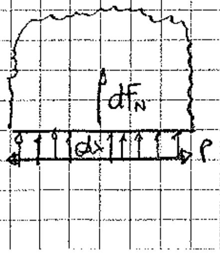
si usurano → + facili da cambiare

[fino a qualche anno fa le fibre era principalmente di amianto



$T = fN$

$dA = dx \cdot 1 = dx$ (spessore unitario)



$dF_N = p\,dA$

$\int_A dF_N = \int_A p\,dA = N = \int p(x) \cdot dx$

• IPOTESI DELL'USURA (REYE)

L'elemento frenante si usura, si consuma

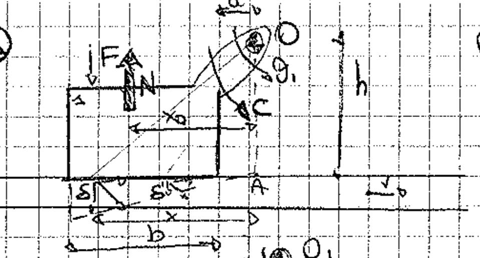
↓

il volume di materiale consumato in un certo tempo è proporzionale al lavoro compiuto dalle forze d'attrito nello stesso tempo

$dF_T = f \cdot dF_N = f \cdot p \cdot dA$

$$\boxed{\delta \cdot \cancel{dA} \propto f \cdot p \cdot \cancel{dA} \cdot V_R}$$

FRENO A PATTINO

① 

Freno ad accostamento RIGIDO

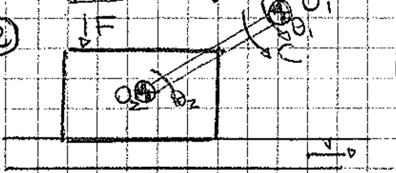
Posso spingere il pattino con una forza F o con una coppia C

MOTO DI ACCOSTAMENTO del pattino

↓

ROTAZIONE rigida attorno ad O $\Rightarrow$ 1 g.d.l.

il pattino si consuma maggiormente a sinistra

② 

Freno ad accostamento LIBERO

In questo caso i gradi di libertà sono 2

↳ non posso dire quale parte del pattino si consuma prima

① $p = K' \cdot \delta$ (Reye) $\qquad \delta \cancel{dA} \propto f \cdot p \, \cancel{dA} \, V_R$ (cost, cost)

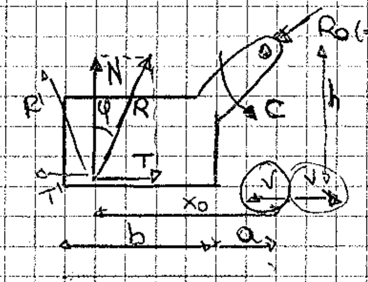
tanto più mi avvicino ad A, più diminuisce δ

$\delta = K'' x \Rightarrow p = K \cdot x$

$$N = \int_A p \cdot dA = \int_a^{a+b} K \cdot x \cdot dx = \frac{K}{2}\left[(a+b)^2 - a^2\right]$$

$$M_O = N \cdot x_O = \int_A dF_N \cdot x = \int_a^{a+b} Kx \cdot dx \cdot x = \frac{K}{3}\left[(a+b)^3 - a^3\right]$$

$$x_O = \frac{\frac{K}{3}\left[(a+b)^3 - a^3\right]}{\frac{K}{2}\left[(a+b)^2 - a^2\right]}$$



$$x_O = \frac{2}{3} \frac{(a+b)^3 - a^3}{(a+b)^2 - a^2}$$

• Faccio scorrere il freno → scorrimento verso destra $\Rightarrow$ nasce anche una forza tangenziale

C'È STRISCIAMENTO $\qquad f = \frac{T}{N} = \text{tg}\,\varphi$

$\circlearrowleft O \quad C + T \cdot h - N \cdot x_O = 0 \quad \rightarrow \quad C = \frac{T}{f} \cdot x_O - T \cdot h = T\left(\frac{x_O}{f} - h\right)$

$$T = \frac{C}{x_O/f - h}$$

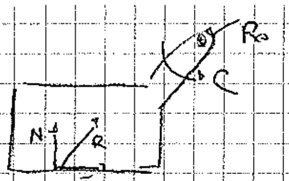
• Se il freno scorre nel verso opposto

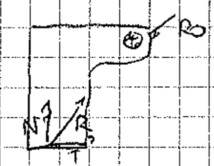
$\circlearrowleft O \quad C - T \cdot h - N \cdot x_O = 0 \qquad T = \frac{C}{x_O/f + h}$

Cambio il modello a seconda del verso → cambia il funzionamento

↓

il freno frena di più se la superficie scorre verso destra



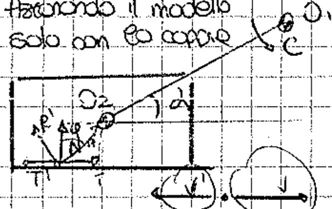


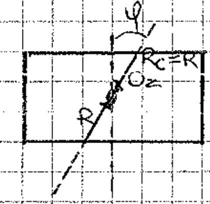
IMPUNTAMENTO

Le forze di contatto tendono a distaccare il pattino

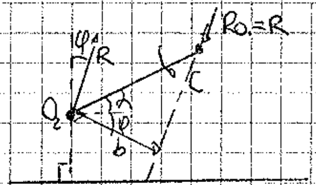
Le forze di contatto tendono a far accostare (impuntare) il pattino → utile x esempio x gli ascensori (sicurezza) anche se non c'è la coppia C

② Azionando il modello solo con la coppia





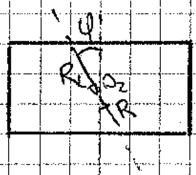
La retta d'azione deve passare per O_2 ed essere inclinata di un angolo φ rispetto alla normale

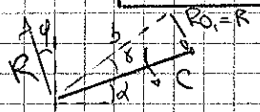


$$C = R \cdot b$$
$$b = L \cdot \cos(\alpha+\varphi)$$
$$T = R \cdot \sin\varphi$$

$$\Rightarrow C = L \cdot \cos(\alpha+\varphi)\frac{T}{\sin\varphi}$$

$$\boxed{T = C\frac{\sin\varphi}{L\cos(\alpha+\varphi)}}$$ ← POSSIBILE IMPUNTAMENTO



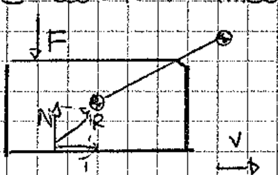


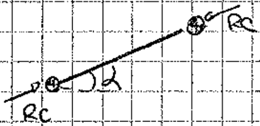
$$\gamma = \varphi - \alpha$$
$$b = L\cos(\varphi-\alpha)$$
$$R = \frac{T'}{\sin\varphi}$$

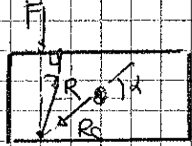
$$\boxed{T' = C\frac{\sin\varphi}{L\cos(\varphi-\alpha)}}$$

In questo caso il modello che produce la maggior forza frenante è il primo, cioè quello con la superficie che scorre verso destra

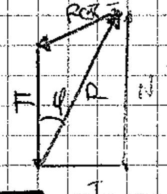
Se aziono il modello con la forza







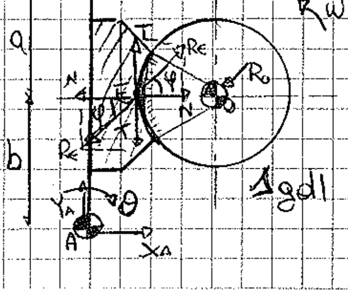
$$\vec{F'} + \vec{R} + \vec{R_c} = 0$$



$$F = N - R_c \sin\alpha = \frac{T}{f} - R_c \sin\alpha$$
$$T = R_c \cos\alpha$$
$$R_c = \frac{T}{\cos\alpha}$$
$$F = \frac{T}{f} - T \cdot tg\alpha = T\left(\frac{1}{f} - tg\alpha\right)$$

$$\boxed{T = \frac{F}{\frac{1}{f} - tg\alpha}}$$

FRENI A CEPPI (TAMBURO)



Freni ad accostamento rigido

$$\delta\, dA \propto f\, p\, dA\, V_R$$ IPOTESI DELL'USURA

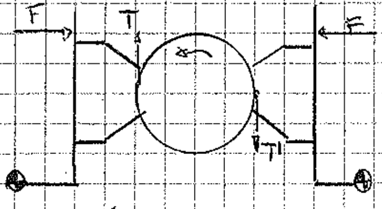
$$\begin{cases} F(a+b) + T\cdot h - N\cdot b = 0 \\ N = \frac{T}{f} \end{cases}$$

$$F(a+b) = T\left(\frac{b}{f} - h\right)$$

$$\boxed{T = \frac{a+b}{b/f - h}}$$

Se invertito il segno dello ω : $\boxed{T = F\,\frac{a+b}{b/f + h}}$

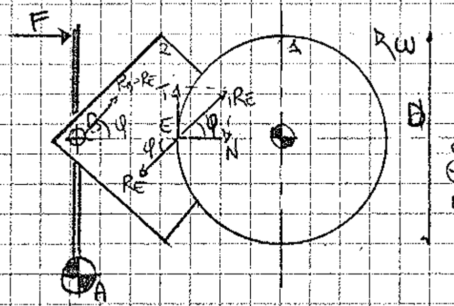
Di solito si montano 2 ceppi



il ceppo di sinistro frena di più del ceppo di destra → si potrebbe impuntare

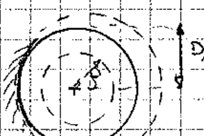
Freni ad accostamento libero

$2 g.d.l.$

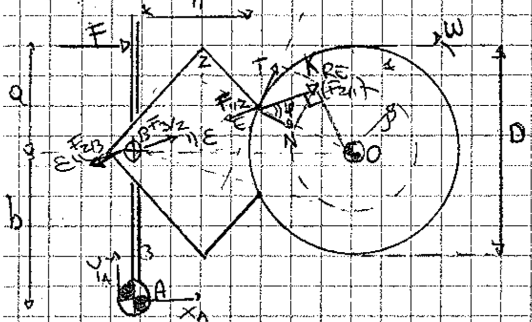


il punto E non è il punto di massimo consumo perché il diagramma di corpo libero del tamburo non è equilibrato

Attrito al perno



$\rho = \frac{D}{2}\sin\varphi$



$$OK = OB\cdot\sin\varepsilon = \left(h + \frac{D}{2}\right)\sin\varepsilon$$

$$\varepsilon = \sin^{-1}\frac{\rho}{h + D/2}$$

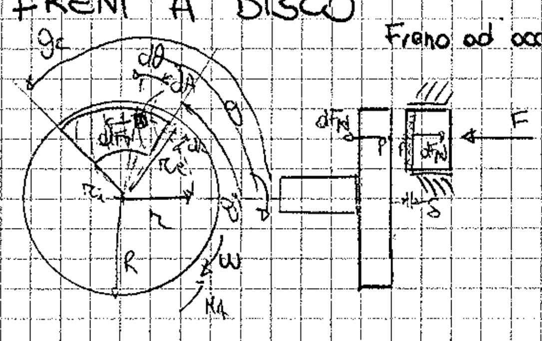
$$\circlearrowright A \quad \begin{cases} F(a+b) = R_E\cdot\cos\varepsilon\cdot b \\ T = R_E\cdot\sin\varphi \qquad R_E = \dfrac{T}{\sin\varphi} \end{cases}$$

$$F(a+b) = \frac{T}{\sin\varphi}\cdot b\cdot\cos\varepsilon$$

$$\boxed{T = F\,\frac{(a+b)\sin\varphi}{b\cdot\cos\varepsilon}}$$

FRENI A DISCO

Freno ad accostamento rigido

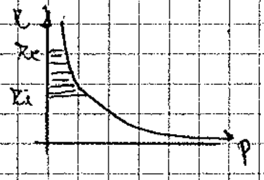


$$\delta\cdot dA \propto f\cdot p\cdot dA\cdot V_R$$

$1\ g.d.l.$

lo spessore del materiale che si consuma è lo stesso in tutti i punti

$$V_p = V_R = \omega\cdot r \quad \Rightarrow \quad \underset{cost}{\delta} \propto \underset{cost}{f}\cdot p\cdot \underset{cost}{\omega}\cdot r \quad \Rightarrow \quad p\cdot r = K \text{ costante}$$



$$dA = r\cdot d\theta\cdot dr$$

$$dF_N = p\cdot dA = \frac{K}{\cancel{r}}\,\cancel{r}\,d\theta\cdot dr = K\cdot dr\cdot d\theta$$

$$f \cdot dF_N = f \cdot k \cdot dr \cdot d\theta = dF_T$$

$$dF_T \cdot r = dM_f = f \cdot k\, r\, dr\, d\theta$$

$$\int_A dF_N = F \qquad \int_A dM_f = M_f$$

$$\int_A dF_N = k \int_{r_i}^{r_e}\int_{\theta_1}^{\theta_2} dr\, d\theta = k(\theta_2-\theta_1)(r_e-r_i)$$

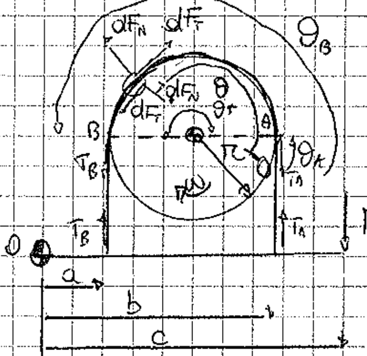
$$\int_A dM_f = f \cdot k \int_{r_i}^{r_e}\int_{\theta_1}^{\theta_2} r\, dr\, d\theta = f \cdot k\,(\theta_2-\theta_1)\frac{(r_e^2-r_i^2)}{2}$$

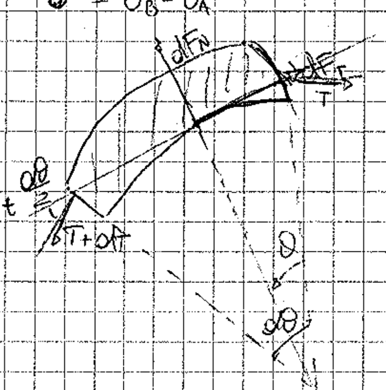
$$\frac{M_f}{F} = \frac{f \cancel{k}\,\cancel{(\theta_2-\theta_1)}(r_e+r_i)\cancel{(r_e-r_i)}}{2\,\cancel{k}\,\cancel{(\theta_2-\theta_1)}\cancel{(r_e-r_i)}} \qquad \boxed{M_f = f F \frac{r_e+r_i}{2}}$$

Non importa quanto è larga la pastiglia

FRENO A NASTRO

$$\theta^* = \theta_B - \theta_A$$





la tensione nel nastro cresce in verso antiorario

$$\begin{cases} dF_N = (2T + dT)\sin\frac{d\theta}{2} = \frac{dF_T}{f} \\ dF_T = dT\cos\frac{d\theta}{2} \end{cases} \qquad dF_T = f\, dF_N$$

$$\sin\frac{d\theta}{2} \approx \frac{d\theta}{2} \qquad \cos\frac{d\theta}{2} \approx 1$$

M_f MOMENTO FRENANTE

$$\begin{cases} \frac{dF_T}{f} = 2T \cdot \frac{d\theta}{2} + \cancel{dT \cdot \frac{d\theta}{2}} = 0 \\ dF_T = dT \end{cases}$$

perché infinitesimo del 2° ordine

$$\frac{dT}{f} = T \cdot d\theta \qquad \frac{dT}{T} = f\, d\theta$$

$$\int_{T_A}^{T_B} \frac{dT}{T} = f \int_{\theta_A}^{\theta_B} d\theta \qquad \ln\frac{T_B}{T_A} = f \cdot \theta^*$$

$$\theta^* = \theta_B - \theta_A$$

$$\frac{T_B}{T_A} = e^{f\theta^*} > 1 \rightarrow T_B > T_A$$

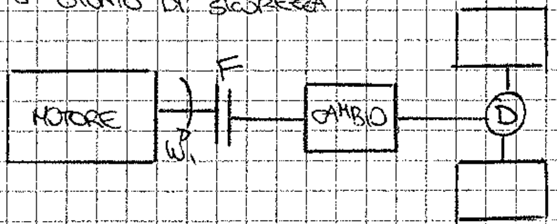
$$M_f = (T_B - T_A)\, r$$

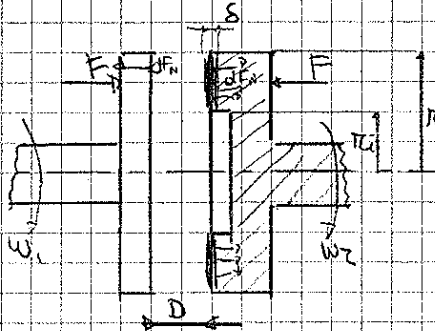
$$F \cdot c = T_A \cdot b + T_B \cdot a$$

Non è simmetrico: varia l'effetto a seconda del verso di rotazione

FRIZIONI

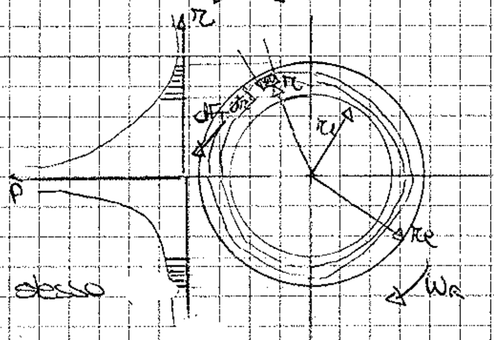
→ INNESTO
→ GIUNTO DI SICUREZZA





$$S \cdot \cancel{dA} \propto f\, p\, \cancel{dA}\, V_R \qquad V_R = \omega_R r \qquad \omega_R = \omega_1 - \omega_2$$

$$p = K \cdot r$$



$\int_A dF_N = F$ forza normale di innesto della frizione

In ogni punto di questo strisciolino agisce la stessa pressione

non uso $dA = r\,dr\,d\theta$, ma $\boxed{dA = 2\pi r \cdot dr}$

$$\int_A dF_N = F = \int p \cdot dA = \int_{r_i}^{r_e} \frac{K}{\cancel{r}}\, 2\pi \cancel{r}\, dr = 2\pi K (r_e - r_i)$$

$$r \cdot dF_T = dM_F \qquad \int_A r\, dF_T = \int_A dM_F = M_F = \int_{r_i}^{r_e} \overbrace{r f \underbrace{\frac{K}{r}\, 2\pi r\, dr}_{dF_N}}^{dF_T} = 2\pi K f \frac{r_e^2 - r_i^2}{2}$$

$$\frac{M_F}{F} = \frac{2\pi K f \cancel{(r_e - r_i)}(r_e + r_i)}{2 \cdot 2\pi K \cancel{(r_e - r_i)}} = \frac{f}{2}(r_e + r_i)$$

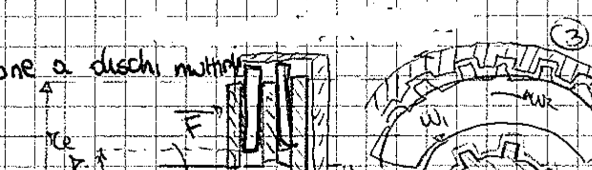
(2) $\boxed{M_F = f \cdot F \frac{r_e + r_i}{2}}$ MODELLO FUNZIONALE DELLA FRIZIONE

In pratica la frizione si comporta come un freno a disco presente su tutta la circonferenza

	D	$\omega_R = \omega_1 - \omega_2$	CONDIZIONE
1)	>0	qualunque	DISINNESTATA
2)	$=0$	$\neq 0$	STRISCIAMENTO
3)	$=0$	$=0$	ADERENZA

2) → la frizione trasmette solo F (C_F) che dipende dalle dimensioni

3) → la frizione è come se non ci fosse, coincide con un giunto

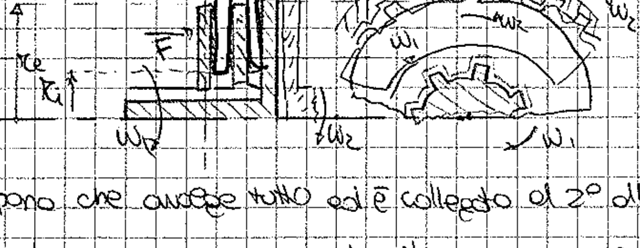


(2)

(3) $M_{F(MAX)} = f_A \cdot F \frac{r_e + r_i}{2}$

(3) coppia massima trasmessa in aderenza

Frizione a dischi multipli



l'albero trascina i 2 dischi che hanno la possibilità di muoversi anche avanti e indietro

Campana che avvolge tutto ed è collegata al 2° albero → non interagisce con ω_1

I dischi rossi sono accoppiati alla campana verde

albero + dischi a matita → ω_1
campana (blu) + dischi rossi → ω_2

i due bracci ruotano a velocità diverse → sono di strisciamento (1)

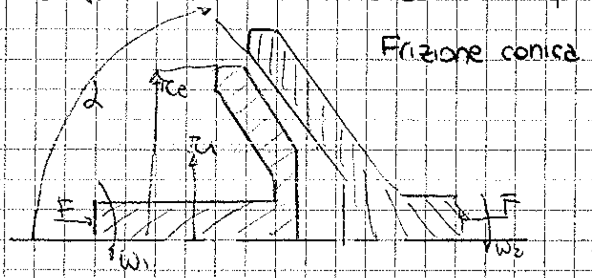
Se applichiamo una forza F i dischi si impaccano → iniziano a strusciare tra di loro (su 4 zone)

Moltiplico per 4 il momento trasmesso (4 zone di strisciamento 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

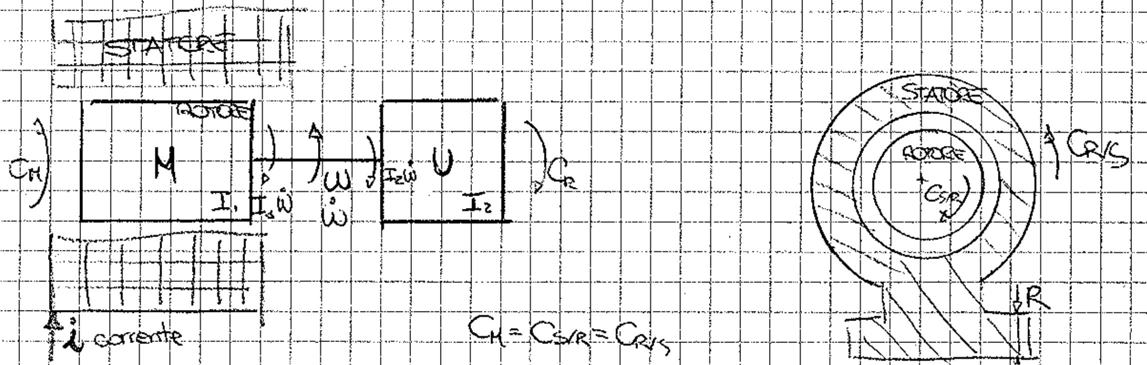


$$M_F = \frac{f \cdot F \cdot (r_i + r_e)}{2 \sin\alpha} = \frac{f}{\sin\alpha} F \frac{r_i + r_e}{2} = f' F \frac{r_i + r_e}{2}$$

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

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

TRASITORI NEI SISTEMI MECCANICI cap 6



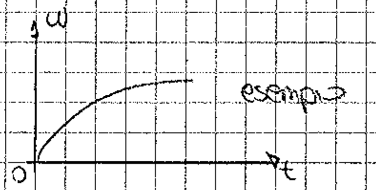
$C_M = C_{S/R} = C_{R/S}$

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

EQUAZIONE DEL MOTO

⇓

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



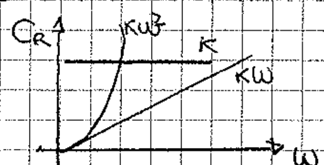
Se la coppia del motore e dell'utilizzatore dipendono dalla velocità:

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

$C_M(\omega)$ 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 (al buio)



Coppia resistente in funzione della velocità

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