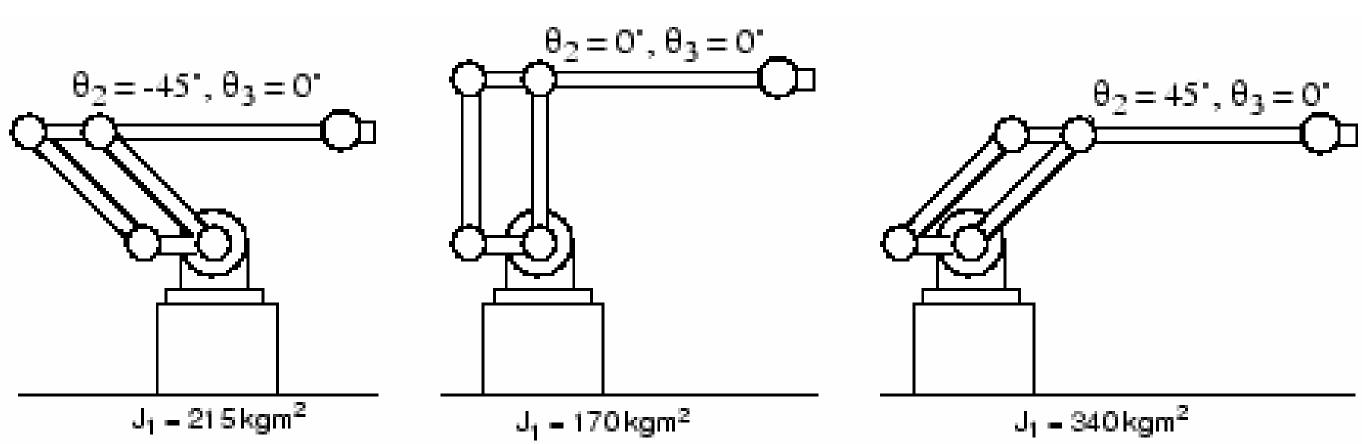
Departamentul de MECATRONICĂ

Facultatea de MECANICĂ

UNIVERSITATEA POLITHENICA TIMIŞOARA

SISTEME DE ACTIONARE II



Prof. dr. ing. Valer DOLGA,

Cuprins_3

1. Caracteristici statice
2. Stabilitatea functionarii sistemului
3. Moment de inertie redus, masa redusa.
4. Forta redusa si moment redus

Caracteristici mecanice

Dependenţa realizată între parametrii dinamici reduşi ai unei maşini şi parametrii cinematici sau poziţionali ai elementului de reducere = ***caracteristica mecanică*** a maşinii respective.

$$F = F(v) \qquad M = M(\omega)$$

$$F = F(s) \qquad M = M(\Theta)$$

$$M_m = M_m(\omega)$$ = caracteristica mecanică motoare (c.m.m.) a maşinii electrice de acţionare

- c.m.m. statică naturală
- c.m.m. statică artificială
- c.m.m. dinamică.

$$M_m = M_m(\omega)$$

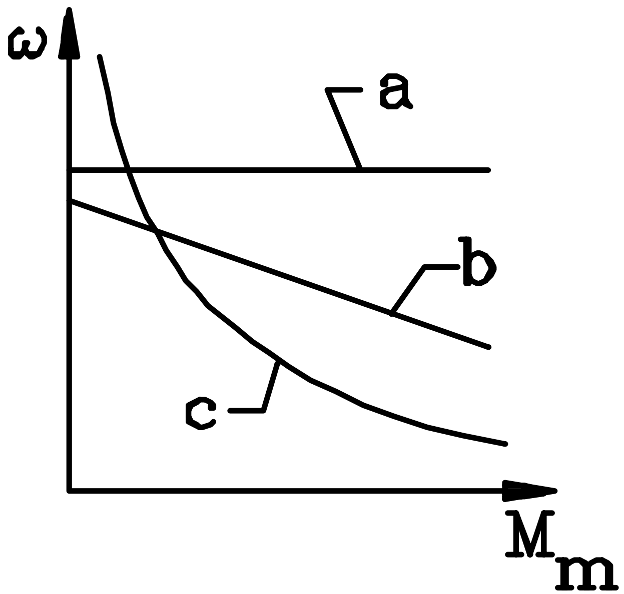
$$\omega = ct.$$

Caracteristica mecanica statica = c.m.m. la regim stabilizat

Caracteristica mecanică motoare statică naturală se obține când la bornele de alimentare a maşinii electrice de acționare se aplică tensiunea nominala (valoare, frecvență şi forma de variație în timp) iar în circuitul maşinii nu se găsesc intercalate alte elemente de circuit (reostate, bobine, condensatoare).

Toate caracteristicile în regim stabilizat definite *în alte condiții* decât cele specificate anterior = ***caracteristici mecanice motoare artificiale.***

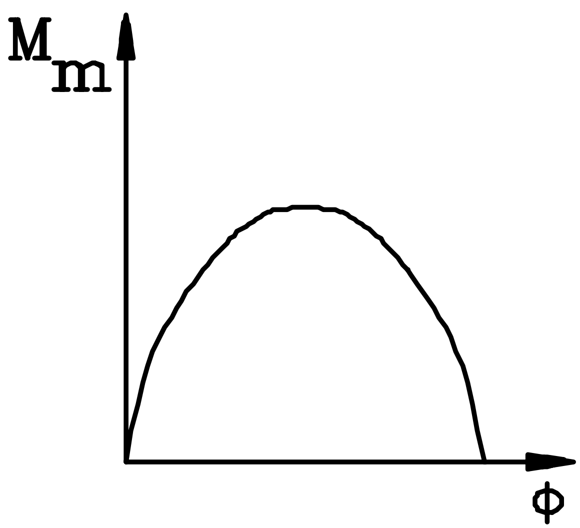
Caracteristica mecanică dinamică a unei maşini de acționare = totalitatea punctelor de funcționare definite prin valorile momentane ale coordonatelor (M,ω) în timpul unui proces tranzitoriu.



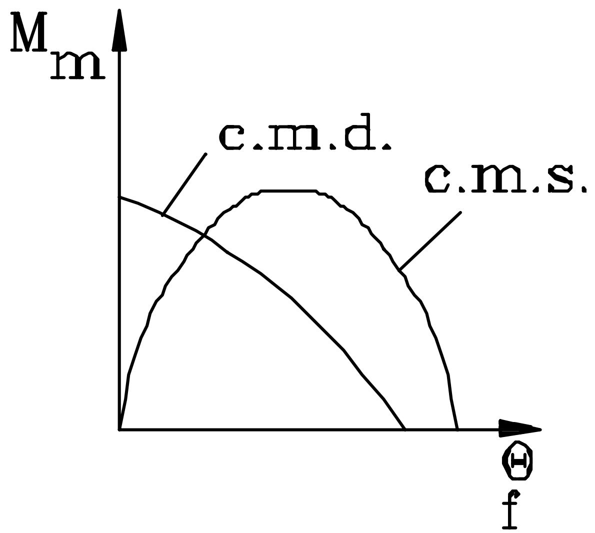
• curba "a" - caracteristica mecanică absolut rigidă specifică maşinii sincrone;

• curba "b" caracteristica mecanică rigidă specifică m.c.c cu excitație paralelă sau separată, motorului asincron în zona uzuală de funcționare;

• curba "c" caracteristica mecanică moale specifică m.c.c. cu excitație serie



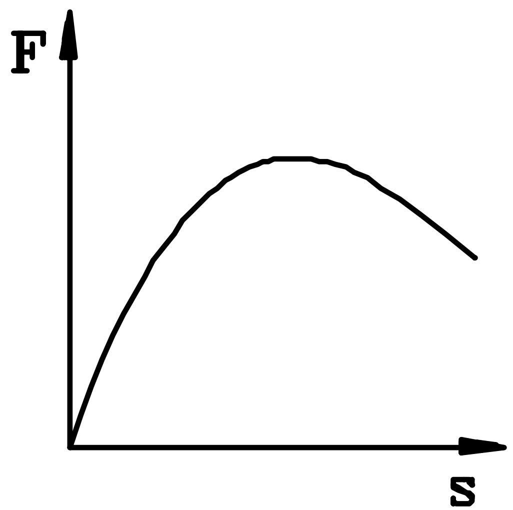
Caracteristica unghiulară a motorului sincron



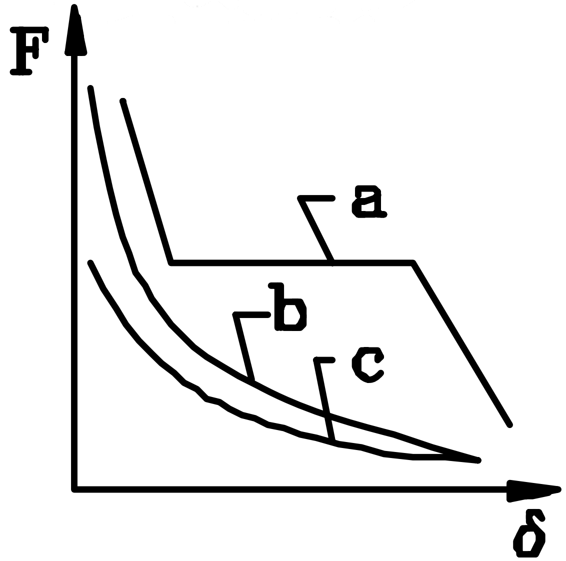
Caracteristica mecanică statică pentru un m.p.p.

$$M = M(\theta)$$

Caracteristica dinamică $M = M(f)$



Caracteristica mecanică motoare pentru motoare liniare



Caracteristici mecanice motoare :

a - caracteristica electromagnetului proporțional;

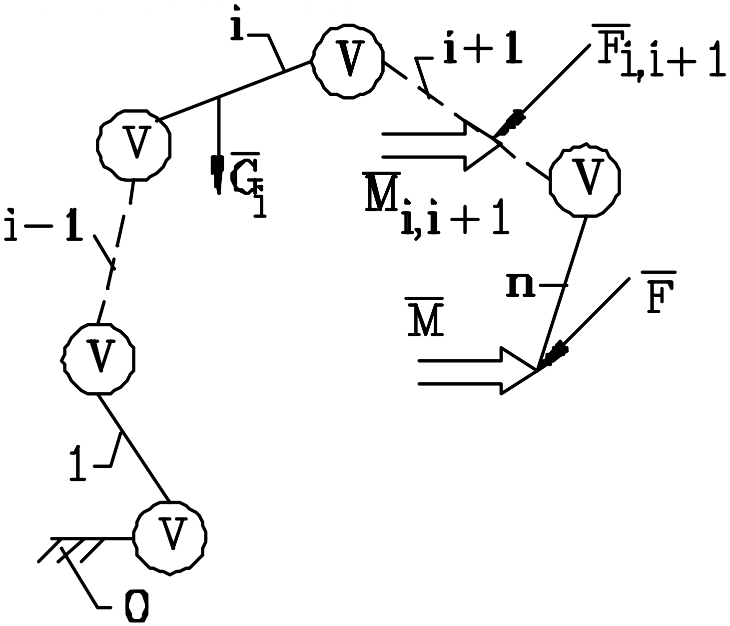
b - caracteristica mecanică statică pentru electromagnet obişnuit;

c - caracteristica dinamică

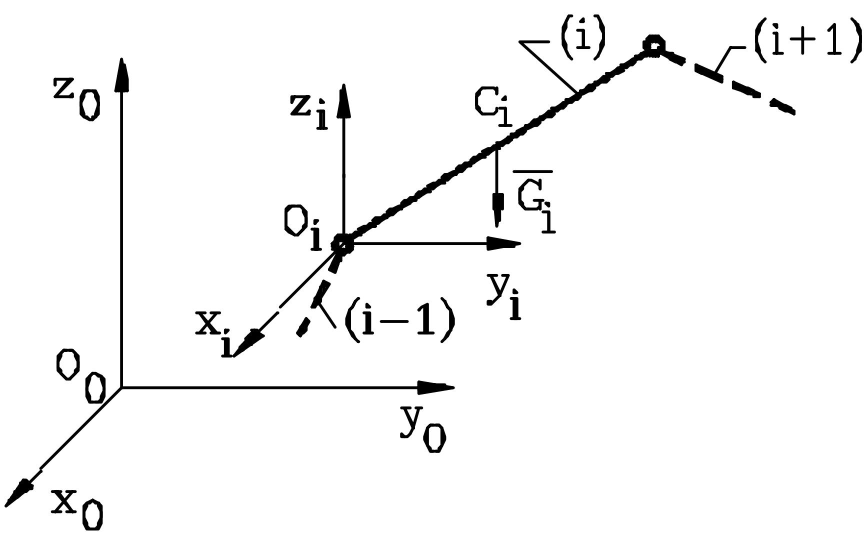
Daca dependențele specificate anterior se referă la maşina de lucru, în speță elementul mobil al cuplei cinematice conducătoare = ***caracteristica mecanică rezistentă.***

Momentul rezistent:

- **caracter potential**: componenta gravitationala, componenta elastica de deformatie; Isi mentin sensul independent de sensul de miscare
- **caracter reactiv** : componenta datorata frecarii uscate sa viscoase; provoaca intotdeauna un efect de frinare actionind in sens opus miscarii



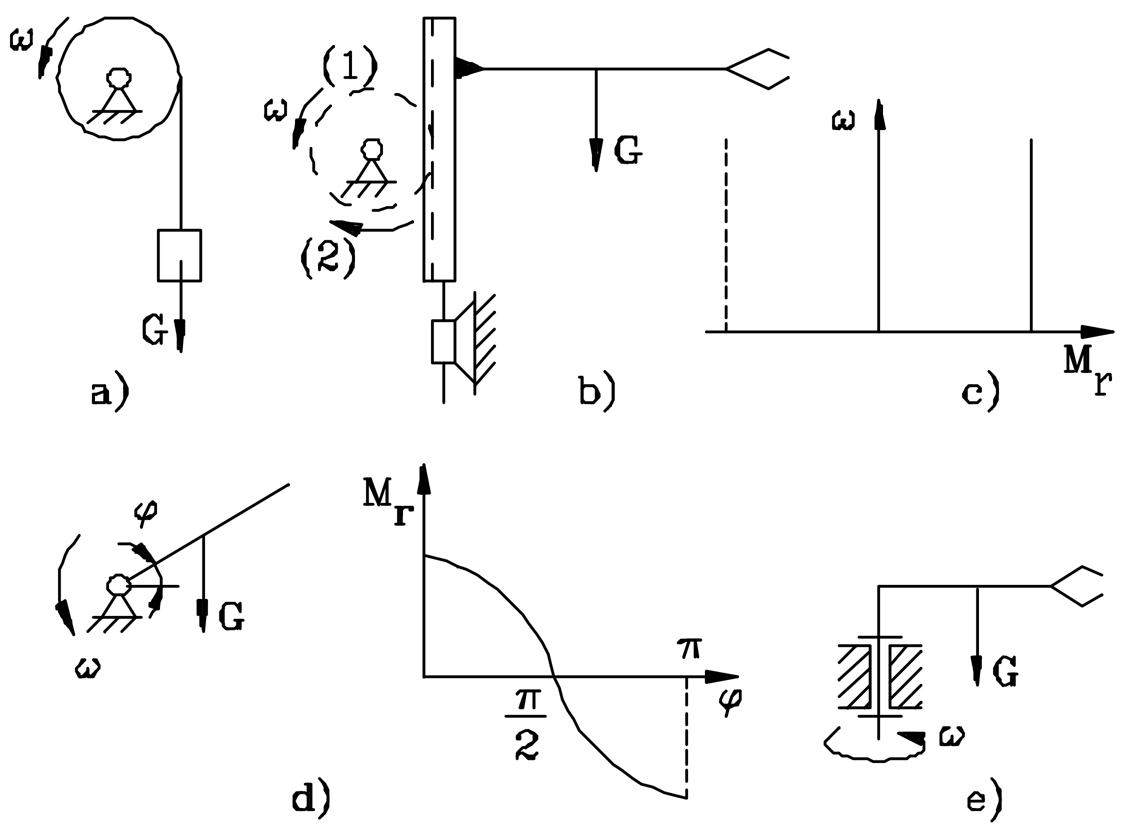
Forțele exterioare ce încarcă un lanț cinematic deschis



Forța gravitațională pe elementul (i)

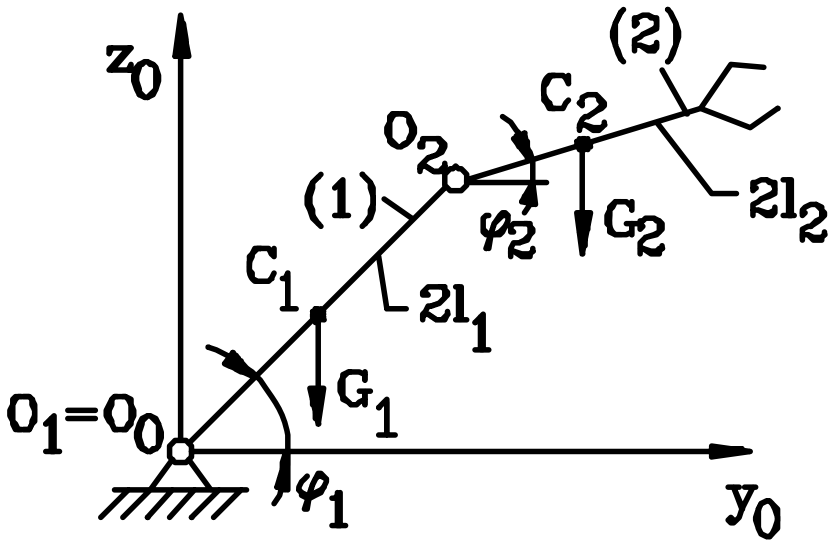
$$[G_i] = [0 \quad 0 \quad -m_i g]^T$$

$$\overline{M_{O_i,i}} = \overline{r_{C_i}} \times \overline{G_i}$$



Forte gravitationale si momentele rezistente

Exemplu de calcul

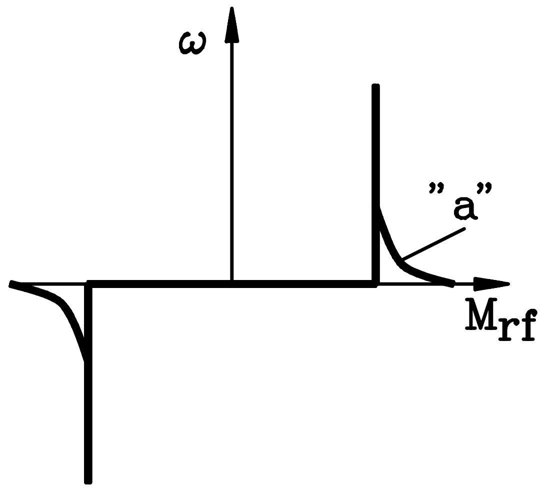


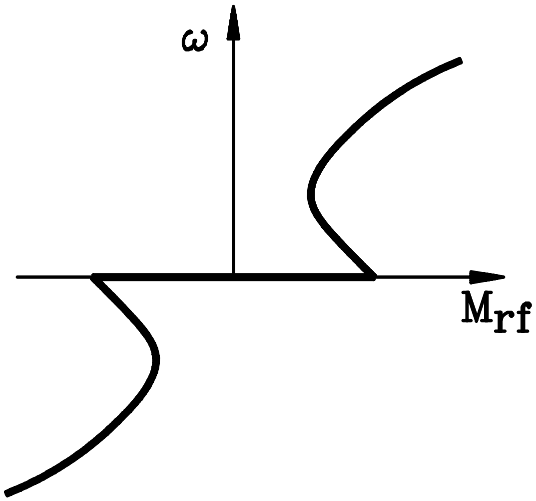
-Elementul 1 – lungimea $2l_1$, masa m_1

- Elementul 2 – lungimea $2l_2$, masa m_2

$$M_{rg} = -\left[G_1 l_1 \cos\varphi_1 + G_2 \cdot \left(2l_1 \cos\varphi_1 + l_2 \cos\varphi_2\right)\right]$$

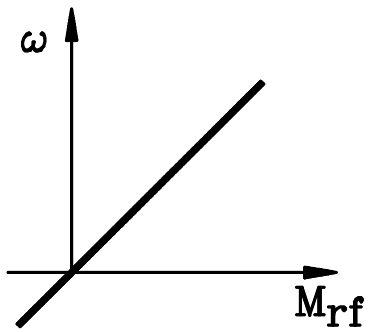
$$M_{rf} = |M_{rf}| \cdot sign\,\omega$$





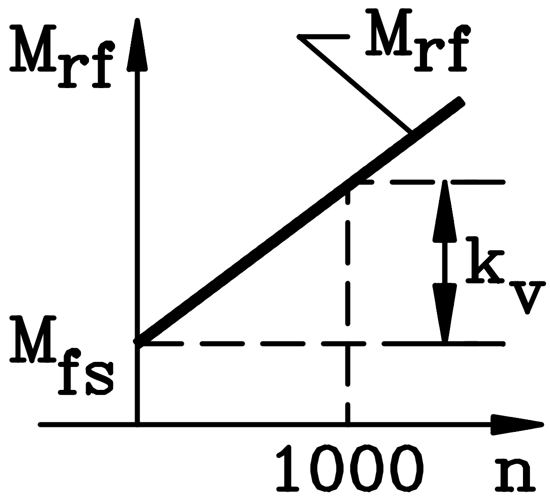
Caracteristica fortelor de frecare

$$M_{rf} = M_{fs} + K_V \cdot n \cdot 10^{-3}$$



$$M_{rf,v} = \beta \cdot \omega$$

$$M_{rf} = M_{fs} + K_V \cdot n \cdot 10^{-3}$$



Momentul de frecare pentru servomotoare electrice

-"k_v" este constanta de amortizare viscoasa [Ncm/10^3 min^{-1}]

- "n" este turatia arborelui [rot/min]

Fortele tehnologice

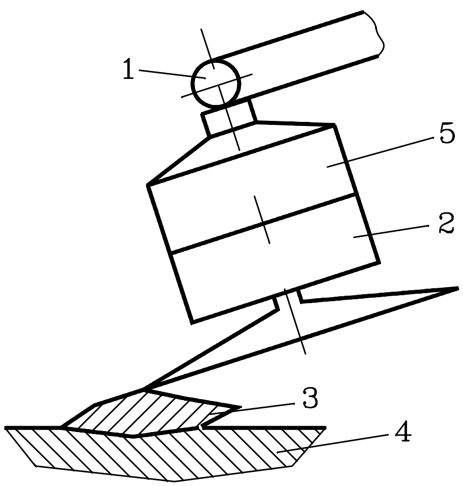
Debavurare robotizata:

$$A = \frac{C_1 \mu R \Omega F_N - C_2}{v_f}$$

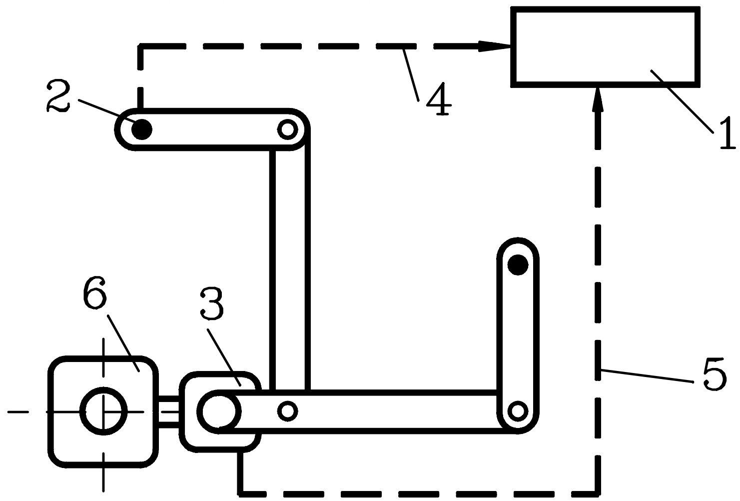
c_1, c_2 - constante de material, μ - coeficient de frecare disc abraziv-piesa;

R - raza discului abraziv, Ω - viteza unghiulara a discului abraziv;

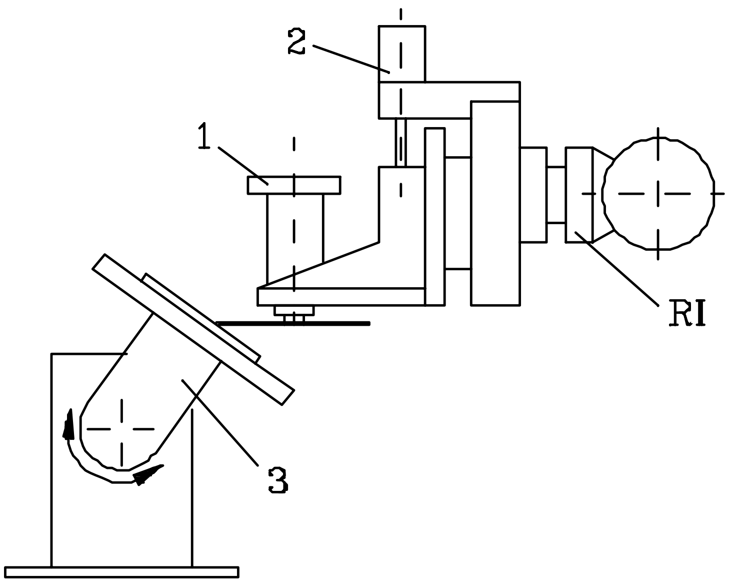
F_N - forta normala in punctul de contact, v_f - viteza de deplasare a discului.



Robotul industrial manipuleaza efectorul compus din capul de forta "2" (disc abraziv cu diametrul de 225 mm si latime 1-1.75 mm, motor de antrenare) si senzorul forta/moment "5" in raport cu piesa "4" ce are bavura "3". Forta de apasare este asigurata de RI prin dispozitivul de ghidare "1".

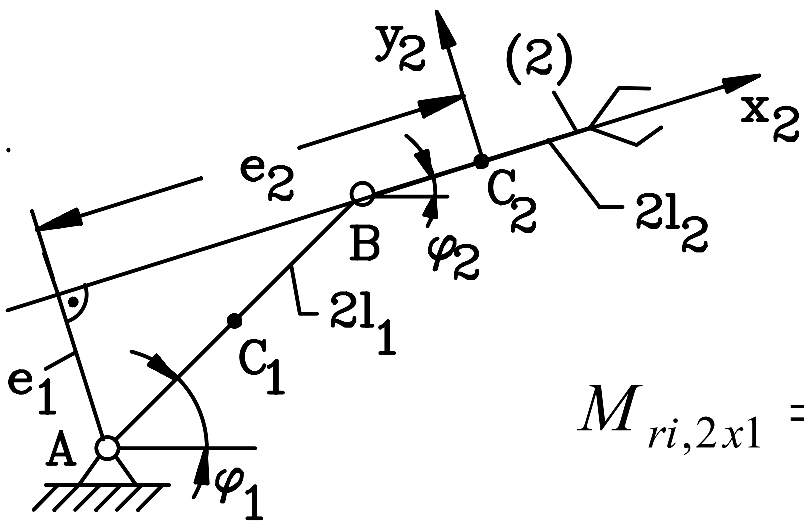


Modulul de pozitionare locala are la baza mecanismul cu bare "2" cu doua grade de mobilitate. Fiecare grad de mobilitate este prevazut cu SA electric propriu. Sistemul de comanda "1" primeste informatii despre pozitie si forta pe liniile "4" si "5"(de la senzorul de forta "3"). Pe modul prezentat este pozitionat capul de forta "6".



RI manipuleaza efectorul compus din capul de forta "1" si cilindrul pneumatic "2" pentru realizarea fortei de apasare. Masa de pozitionare "3" asigura gradele de mobilitate necesare pentru manipularea piesei. Actionarea mesei "3" se realizeaza pe cale electrica.

Momentele si fortele de inertie ce actioneaza asupra lantului cinematic "i+1,...,n", ca urmare a miscarilor simultane din cuplele cinematice conducatoare aferente, introduc momente rezistente (sau momente motoare !!) ce trebuie echilibrate de sistemele de actionare din lantul cinematic "1, 2,..., i"



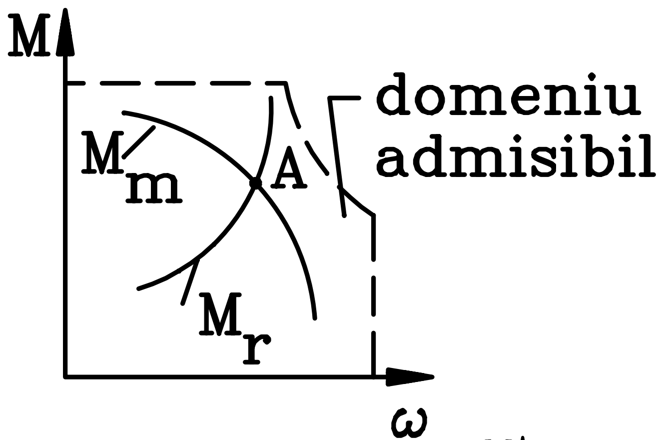
$$F_{i2,x} = -m_2 \omega_2^2 l_2$$

$$F_{i2,y} = -m_2 \varepsilon_2 l_2$$

$$M_{ri,2x1} = F_{i2,x} \cdot e_1 = F_{i2,x} \cdot 2l_1 \cdot \sin(\varphi_1 - \varphi_2)$$

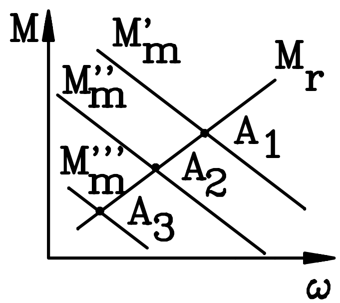
$$M_{ri,2y1} = F_{i2,y} \cdot e_2 = F_{i2,y} \cdot [l_2 + 2l_1 \cdot \cos(\varphi_1 - \varphi_2)]$$

Stabilitatea statica

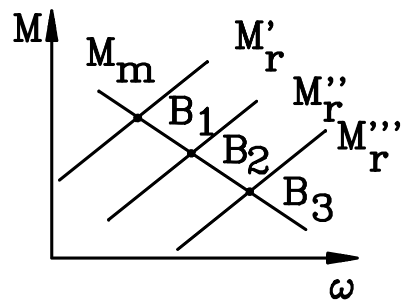


A – punct de functionare

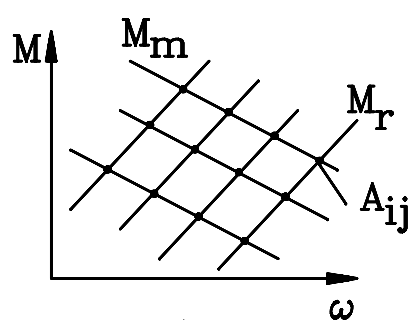
a) - **sa fie un punct real de functionare**, adica sa corespunda unui set de valori (ω, M) care sa asigure o functionare sigura si corecta tehnologic, mecanic etc (sa apartina domeniului admisibil).



a)



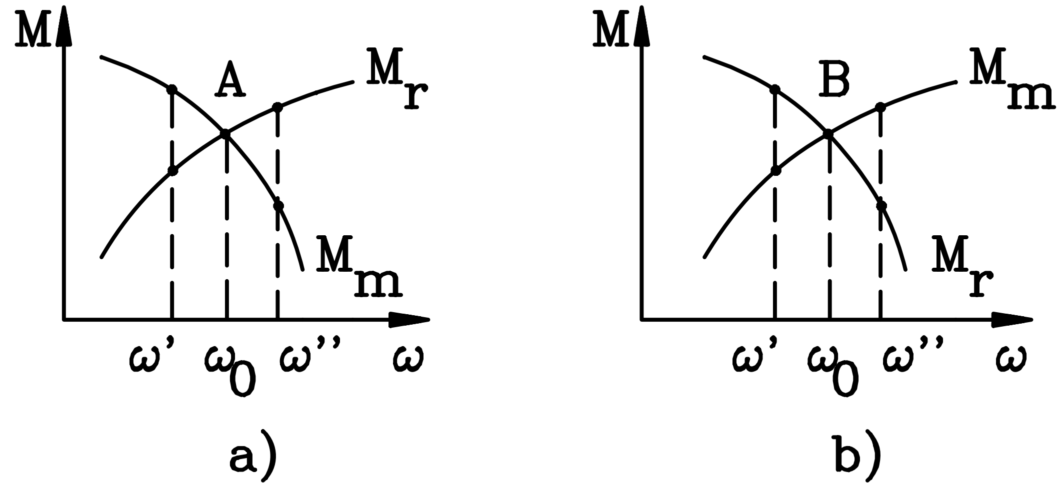
b)



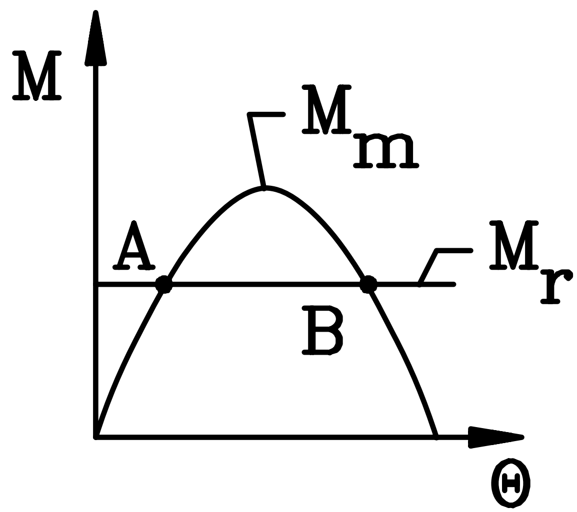
c)

b) **sa fie un punct de functionare stabil**

$$\left(\frac{dM_r}{d\omega}\right)_A > \left(\frac{dM_m}{d\omega}\right)_A$$



Exemplu

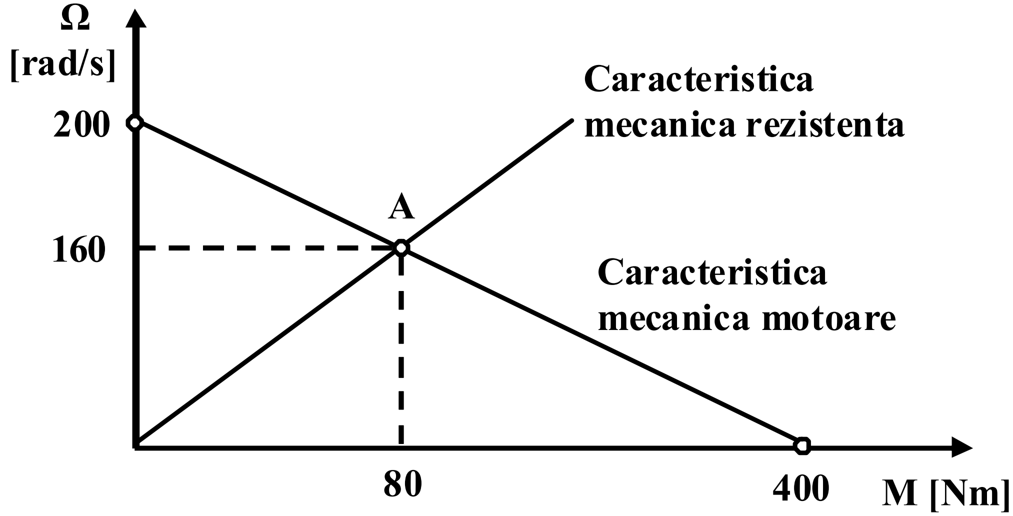


Exemplu

$$\Omega_m = 200 - 0.5 \cdot M_m$$

$$\Omega_r = 2M_r$$

A (80, 160)



$$M_m = 400 - 2 \cdot \Omega_m \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{dM_m}{d\Omega}\right)_A = -2$$

$$M_r = \frac{1}{2} \cdot \Omega_r \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{dM_r}{d\Omega}\right)_A = \frac{1}{2}$$

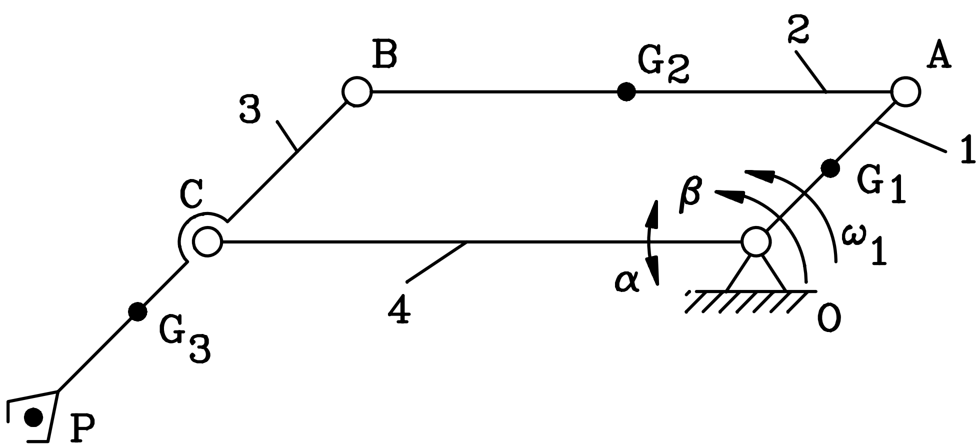
$$\frac{1}{2} > -2$$

Punctul A este punct de functionare stabil

Masa redusa si moment de inertie redus

$$m_r = \frac{1}{v_A^2} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(m_i v_i^2 + J_i \omega_i^2 \right) \qquad J_r = \frac{1}{\omega_A^2} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(m_i v_i^2 + J_i \omega_i^2 \right)$$

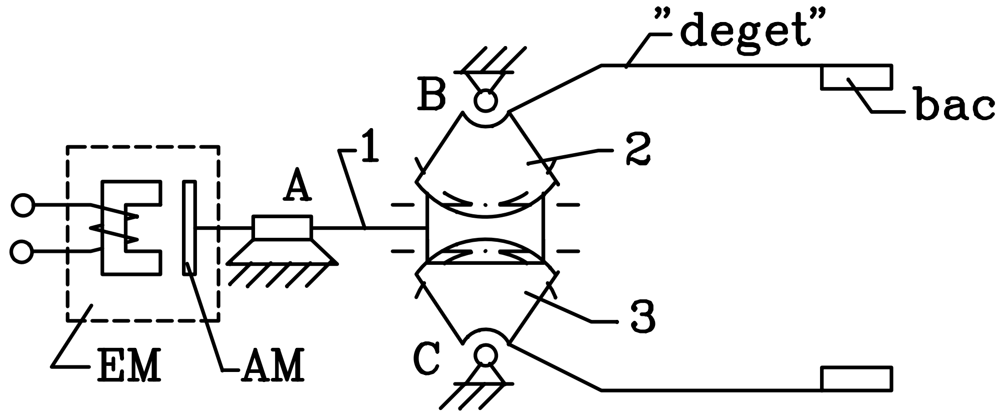
Exemplu



Se cere determinarea masei reduse in punctul A a mecanismului paralelogram, la o pozitie fixa a elementului "4".

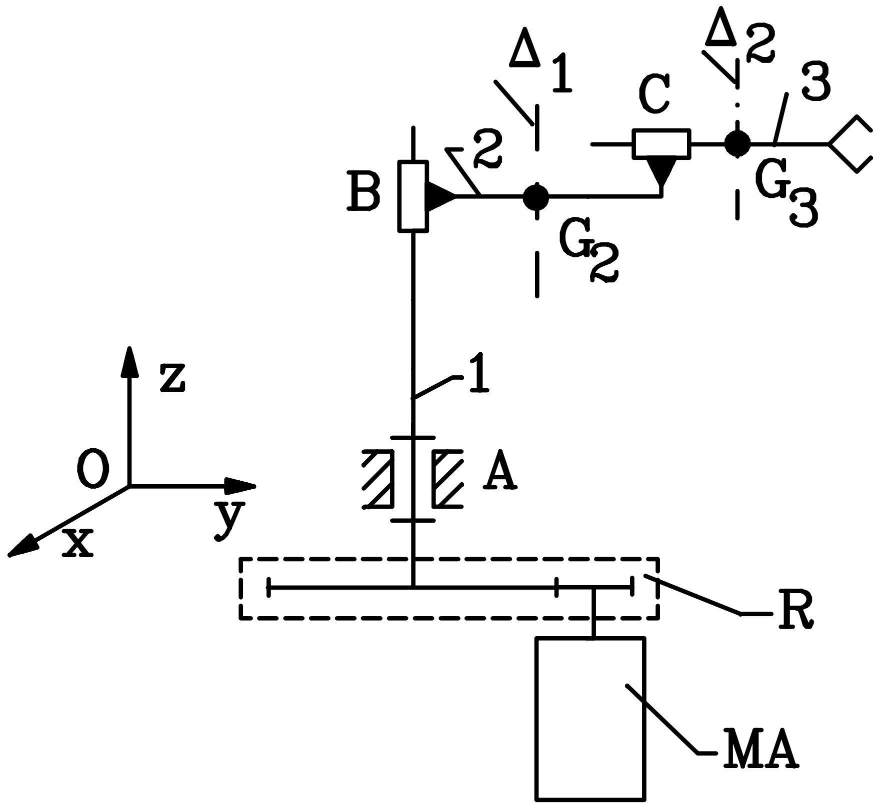
$$m_r = m_1 \cdot \left(\frac{l_{G_1}}{l_A} \right)^2 + m_2 + m_3 \cdot \left(\frac{l_{G_1}}{l_A} \right)^2 + \frac{J_1 + J_2 + J_3}{l_A^2}$$

Exemplu



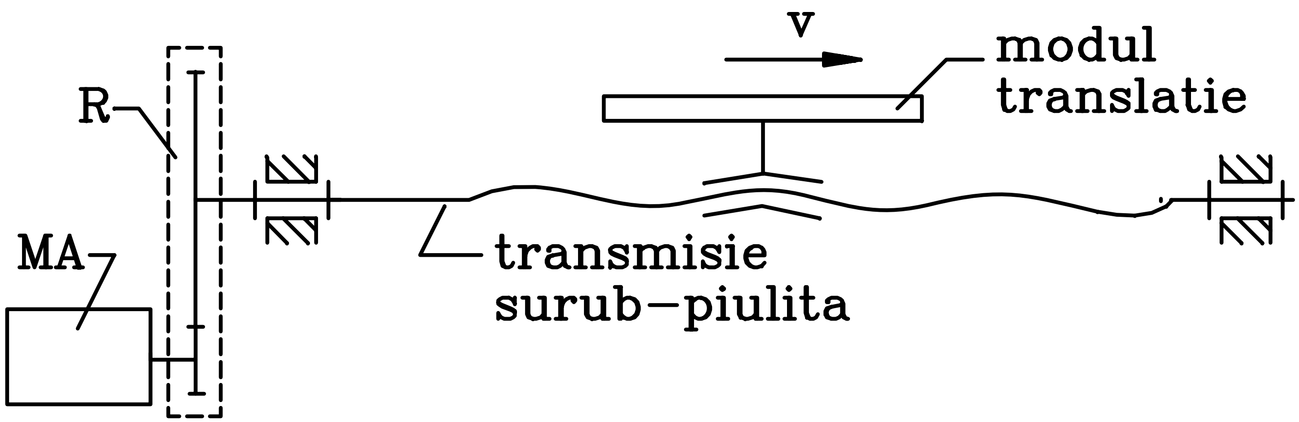
$$m_r = m_1 + 2J_{B,2} \cdot \left(\frac{\omega_2}{v_1} \right)^2$$

Exemplu



$$J_r = J_{rot} + J_p + \left(J_{rc} + J_1 + J_2 + J_3 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2\right) \cdot \frac{1}{i^2}$$

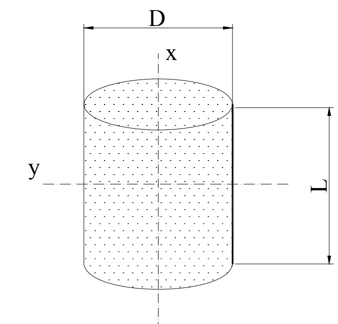
Exemplu



$$i = \frac{\omega_m}{\omega_{rc}} = \frac{\omega_m}{\omega_s}$$

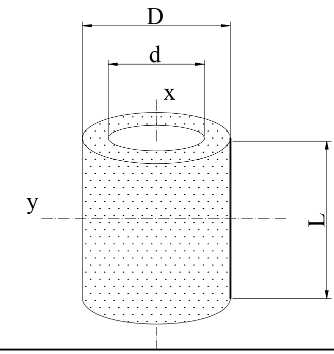
$$J_r = J_{rot} + J_p + \left(J_{rc} + J_s + m_r \cdot \left(\frac{p}{2\pi} \right)^2 \right) \cdot \frac{1}{i^2}$$

$$\frac{v}{\omega_s} = \frac{p}{2\pi}$$



$$J_x = \frac{mD^2}{8} = \frac{\pi}{32} \cdot \rho L D^4$$

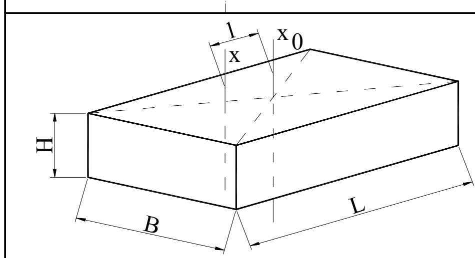
$$Jy = \frac{1}{4} \cdot m \cdot \left(\frac{D^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right)$$



$$J_x = \frac{1}{8} \cdot m \cdot \left(D^2 - d^2\right) =$$

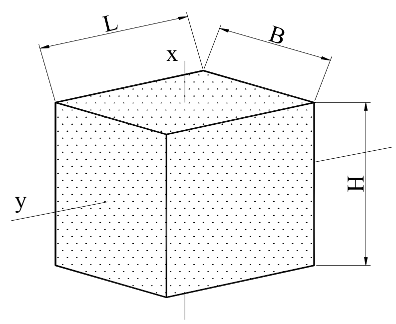
$$= \frac{\pi}{32} \cdot \rho L \cdot \left(D^4 - d^4\right)$$

$$Jy = \frac{1}{4} \cdot m \cdot \left(\frac{D^2 - d^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right)$$



$$J_x = J_{x_0} + ml^2 =$$

$$= \frac{m}{12} \cdot \left(L^2 + B^2\right) + ml^2$$

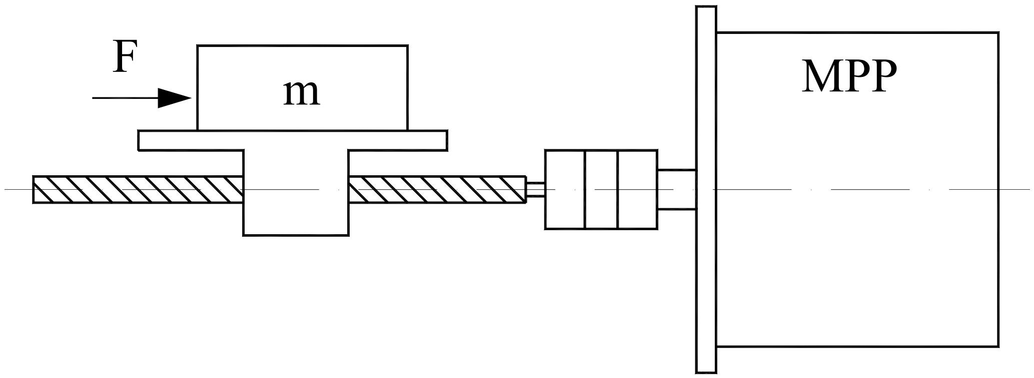


$$J_x = \frac{m}{12} \cdot \left(L^2 + B^2\right) =$$

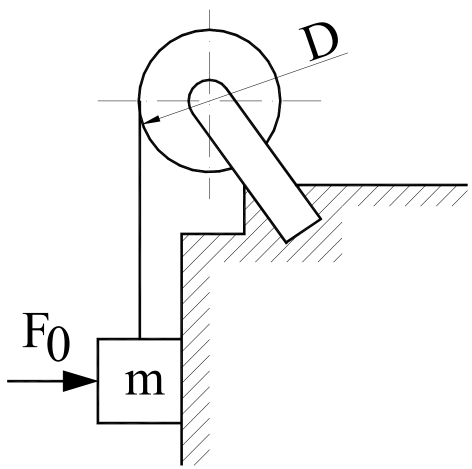
$$= \frac{1}{12} \cdot \rho LBH \cdot \left(L^2 + B^2\right)$$

$$J_y = \frac{m}{12} \cdot \left(H^2 + B^2\right) =$$

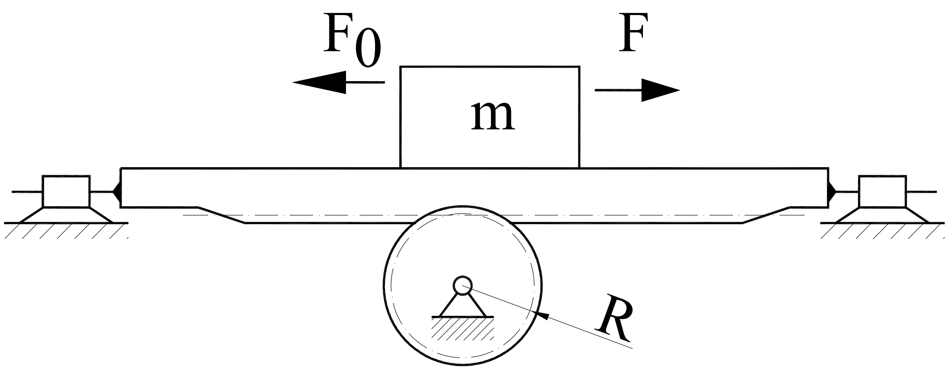
$$= \frac{1}{12} \cdot \rho LBH \cdot \left(H^2 + B^2\right)$$



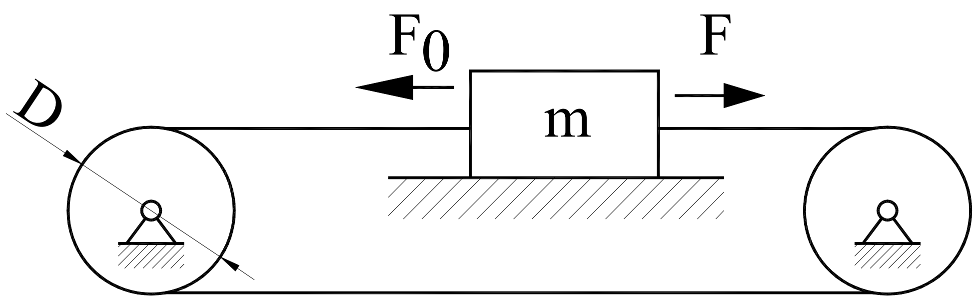
$$J_{red} = J_s + \\ + m \cdot \left(\frac{p}{2\pi} \right)^2$$



$$J_{red} = J_r + \frac{4m}{D^2}$$



$$J_{red} = J_p + \frac{m}{R^2}$$



$$J_{red} = 2J_r + \frac{4m}{D^2}$$

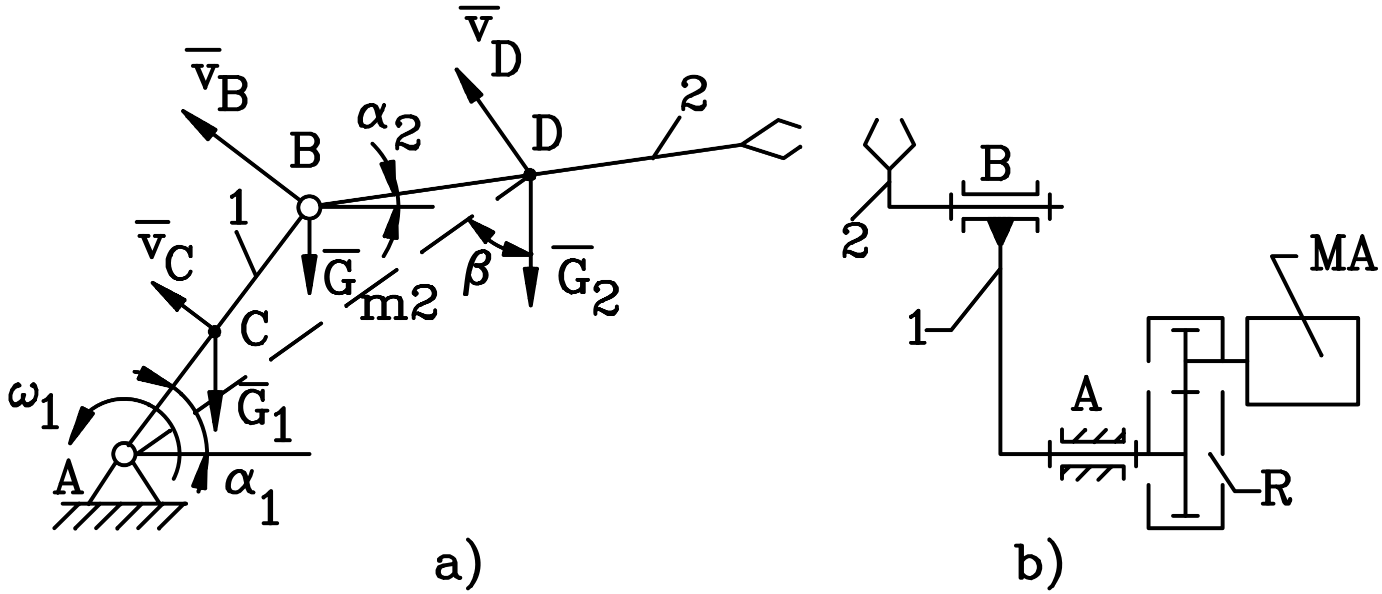
Forta redusa, moment redus

$$F_{red} = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{F_i v_i \cos\alpha_i}{v_A} + M_i \cdot \frac{\omega_i}{v_A}\right)$$

$$M_{red} = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{F_i v_i \cos\alpha_i}{v_A} + M_i \cdot \frac{\omega_i}{v_A}\right)$$

- v_A, ω_A reprezinta viteza punctului A de aplicatie a fortei reduse, respectiv viteza unghiulara a elementului de reducere;
- F_i, M_i reprezinta forta respectiv momentul care actioneaza asupra elementului "i";
- v_i, ω_i reprezinta viteza punctului de aplicatie a fortei F_i, respectiv viteza unghiulara a elementului "i";
- α_i reprezinta unghiul dintre vectorii forta - F_i si viteza - v_i ;
- n reprezinta numarul de elemente ale mecanismului.

Exemplu



Se cere momentul redus la cupla cinematica conducatoare A, datorat fortelor gravitationale. Se considera actionare doar in cupla A.

$$M_{red} = \frac{(G_1 \cdot v_C + G_{m2} \cdot v_B) \cdot \cos(\pi - \alpha_1)}{\omega_1} + \frac{G_2 \cdot v_D \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)}{\omega_1}$$

$$v_C = \omega_1 \cdot \frac{l_1}{2}$$

$$v_B = \omega_1 \cdot l_1$$

$$v_D = \omega_1 \cdot l_{AD} = \omega_1 \cdot \frac{l_1 \cdot \cos\alpha_1 + \frac{l_2}{2} \cdot \cos\alpha_2}{\sin\beta}$$

$$M_{red} = -\left(\frac{G_1}{2} + G_{m2} + G_2\right) \cdot l_1 \cdot \cos\alpha_1 - G_2 \cdot \frac{l_2}{2} \cdot \cos\alpha_2$$

$$M_{red,r} = \frac{M_{red}}{\eta_R \cdot i}$$