



Funded by
the European Union

Debalans kao prinudna sila

Van. Prof. dr. Emir Nezirić
Univerzitet “Džemal Bijedić” u Mostaru

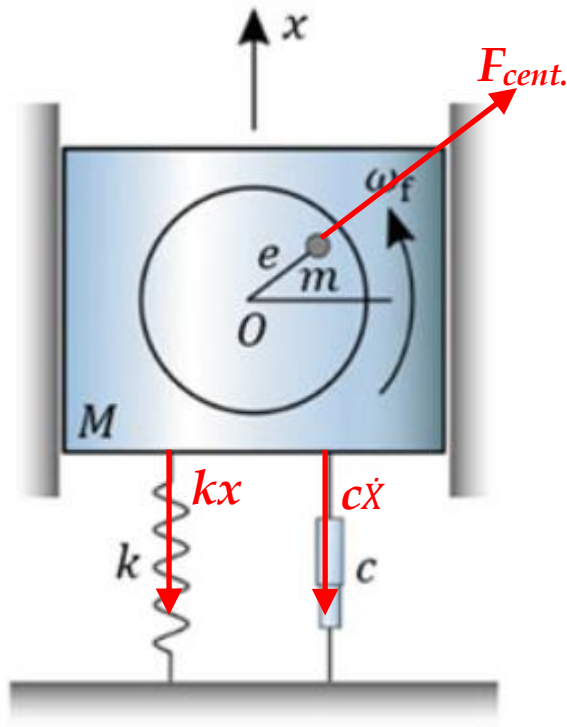
Dinamika i Oscilacije 15.04.2025

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."

**Partnership for Promotion and Popularization of Electrical Mobility through
Transformation and Modernization of WB HEIs Study Programs/PELMOB**

Call: ERASMUS-EDU-2022-CBHE-STRAND-2

Project Number: 101082860



Materijalna tačka mase m koja rotira oko tačke O ugaonom brzinom ω na poluprečniku (ekscentru) e generiše centrifugalnu silu koja se može zapisati:

$$F_{cent.} = m \cdot \Omega^2 \cdot e$$

Za kretanje tijela u pravcu ose x ova sila ima djelovanje koje zavisi od trenutnog položaja materijalne tačke u odnosu na neki referentni položaj sa kojim zaklapa ugao θ koji u slučaju konstantne ugaone brzine iznosi

$\theta = \theta_0 + \omega t$. Jednačina kretanja u vertikalnom pravcu se može pisati kao:

$$F_{cent.} \sin(\Omega t + \theta_0) - kx - c\dot{x} = M\ddot{x}$$

$$M\ddot{x} + kx + c\dot{x} = F_{cent.} \sin(\Omega t + \theta_0)$$

$$M\ddot{x} + kx + c\dot{x} = m \cdot \omega^2 \cdot e \cdot \sin(\Omega t + \theta_0)$$

Opšte rješenje jednačine kretanja:

$$x_p(t) = \frac{X_0}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2r\xi)^2}} \sin(\Omega t + \theta_0) \quad \text{ili} \quad x_p(t) = \left(\frac{m}{M} e\right) \beta_r \sin(\Omega t + \theta_0)$$

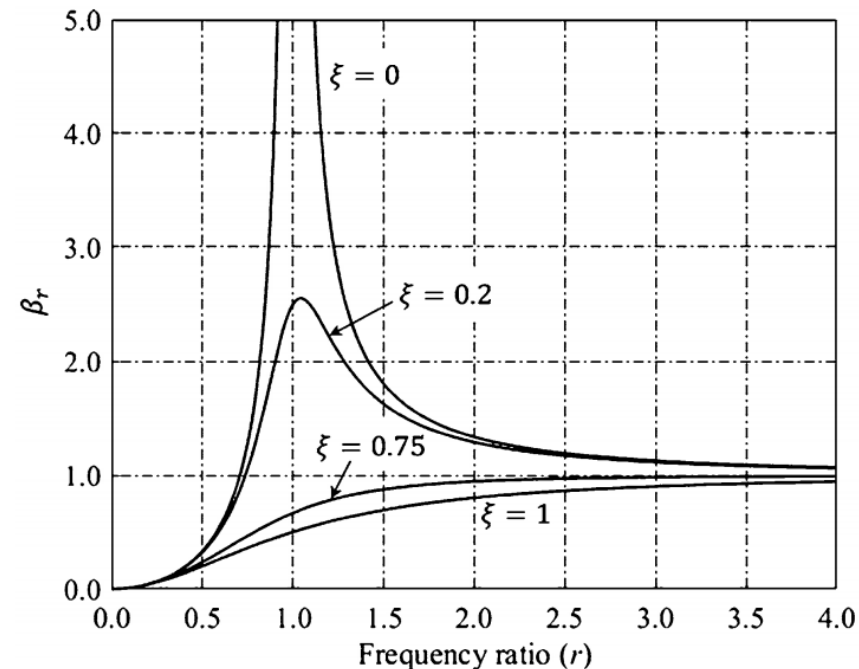
$$\beta_r = \frac{\lambda^2}{\sqrt{(1-\lambda)^2 + (2r\xi)^2}}$$

gdje su

$$\xi = \frac{c}{2m\Omega}$$

$$\lambda = \frac{\Omega}{\omega}$$

$$X_0 = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot e}{k} = \left(\frac{m}{M} e\right) \lambda^2$$

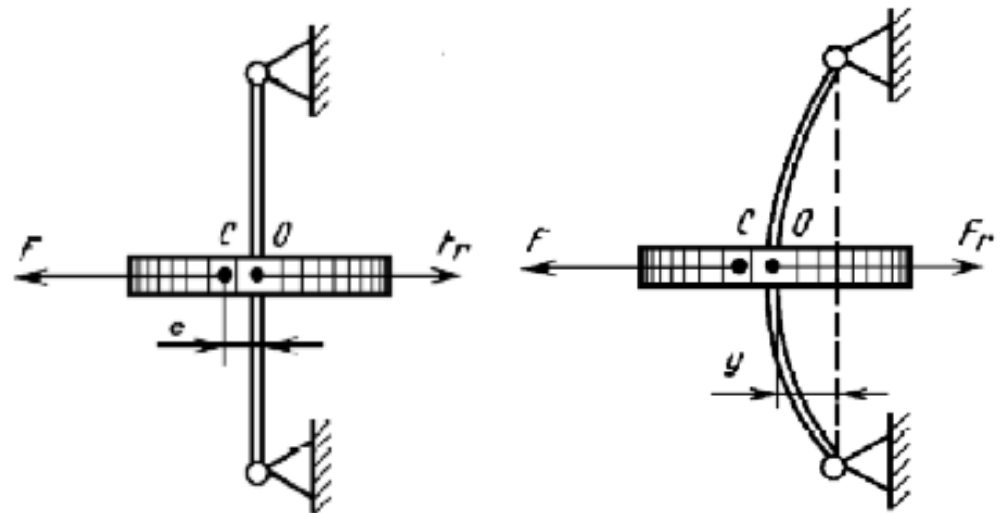


Debalans rotirajućih elemenata mašina

Posljedice neuravnoteženosti masa rotora mašina i uređaja su dodatna dinamička opterećenja, vibracije i buka koji se prenose na ležaje, kućište, postolje i temelje same mašine i okoline

Uzroci neuravnoteženosti masa rotora (debalansa) mogu biti:

- Konstruktivsko - funkcionalni
- Nehomogenost mase materijala rotora
- Netačnost mehaničke obrade
- Nakon montaže rotora
- U pogonu – eksploataciji
- Nakon opravke rotora



Uslovi uravnoteženosti rotora

Da bi rotor bio u stanju ravnoteže potrebno je da glavni vektor i glavni moment inercijalnih sila rotora bude jednak nuli.

$$F_x = Mx_s \omega^2 = 0$$

$$M_{ox} = -I_{yz} \omega^2 = 0$$

$$F_y = My_s \omega^2 = 0$$

$$M_{oy} = -I_{xz} \omega^2 = 0$$

$$F_z = 0$$

$$M_{oz} = 0$$

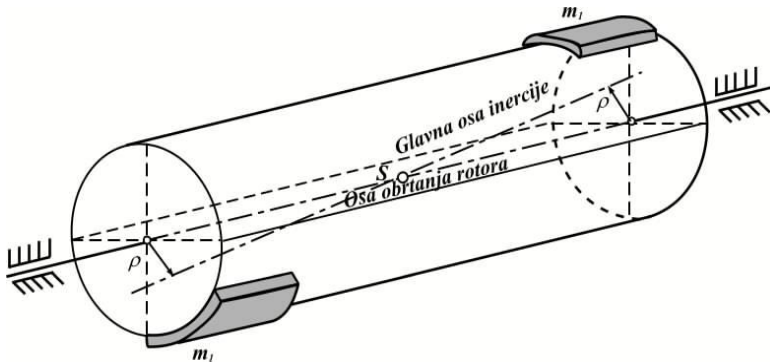
$$\left. \begin{array}{l} x_s = 0 \\ y_s = 0 \end{array} \right\}$$

Centar masa rotora mora ležati na njegovoj osi rotacije

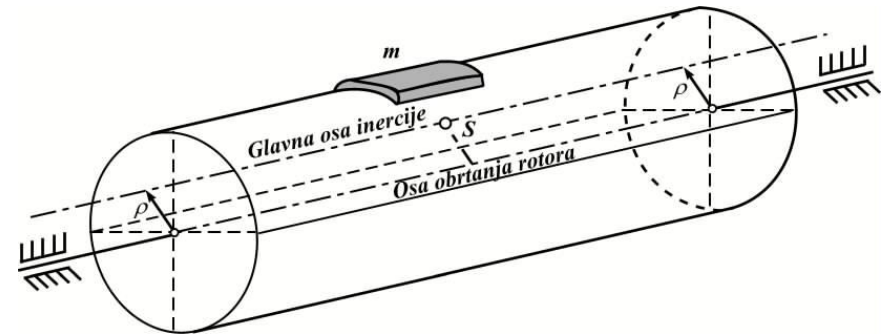
$$\left. \begin{array}{l} I_{xz} = 0 \\ I_{yz} = 0 \end{array} \right\}$$

Osa rotacije mora da se poklapa sa glavnom osom inercije

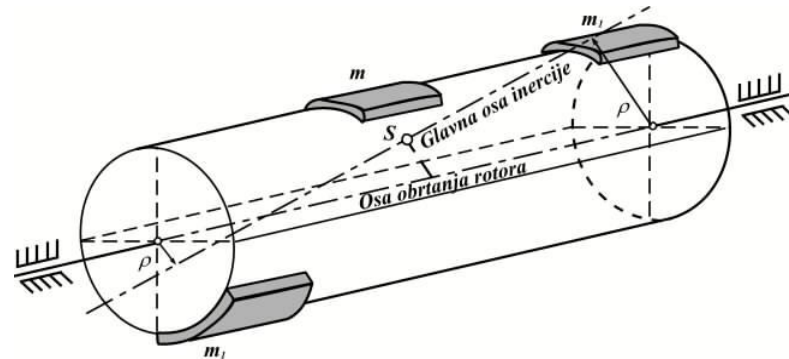
Vrste debalansa



Dinamički debalans



Statički debalans

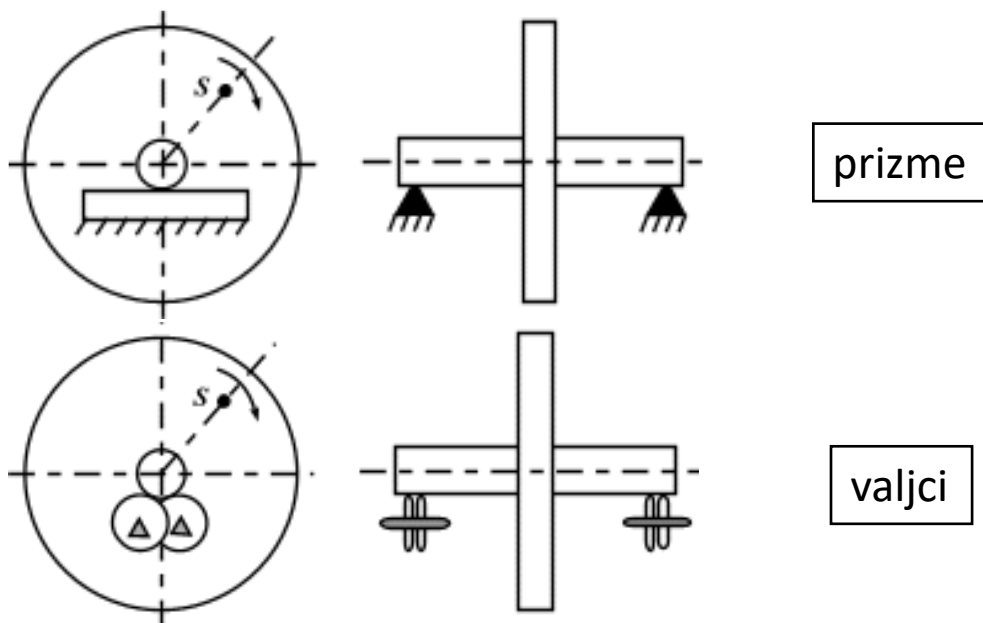
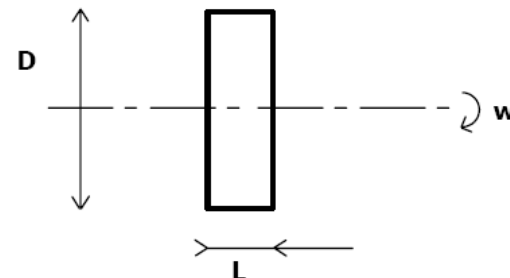


Kombinovani debalans

Postupak statičkog balansiranja rotora se primjenjuje isključivo za rotore u obliku diska.

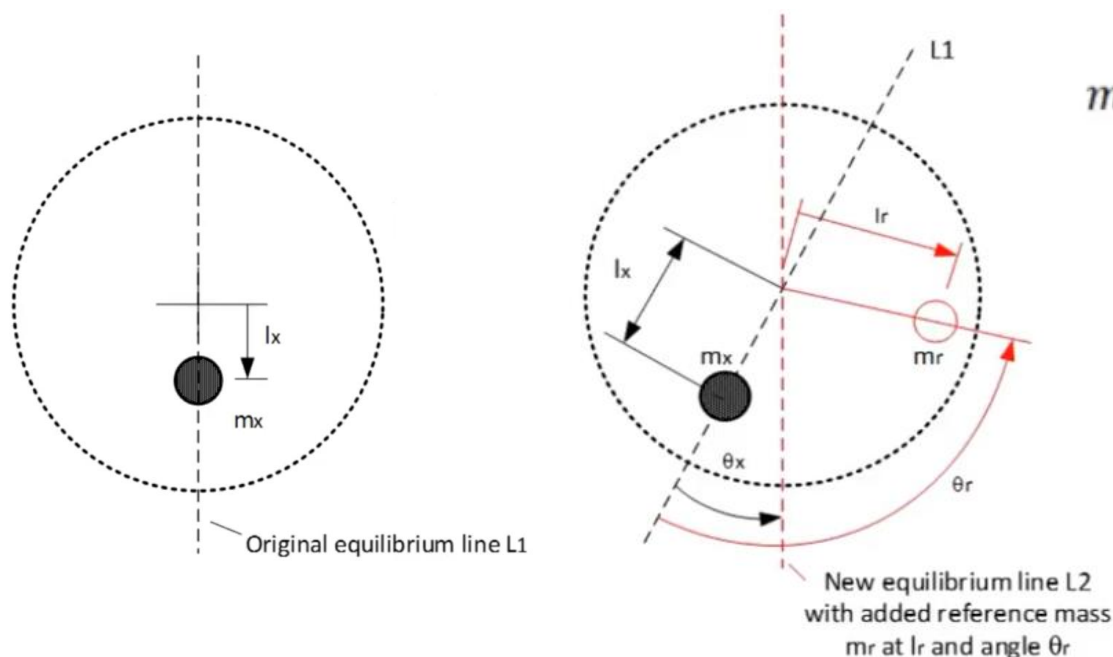
Postojanje dvije granice se objašnjava time, što ova dva faktora (L/D i n) nisu jedini za određivanje granice primjene statičkog uravnotežavanja (raspon oslonaca!).

$L/D < 0.5$
and
 $w < 1000 \text{ tr/mn}$



U zavisnosti od toga da li su rukavci rotora jednakih ili različitih prečnika, te u zavisnosti od sopstvene težine rotora, uravnoteženje se vrši na prizmama, valjcima ili diskovima

Metode statičkog uravnoteženja – slučaj jasne neuravnoteženosti



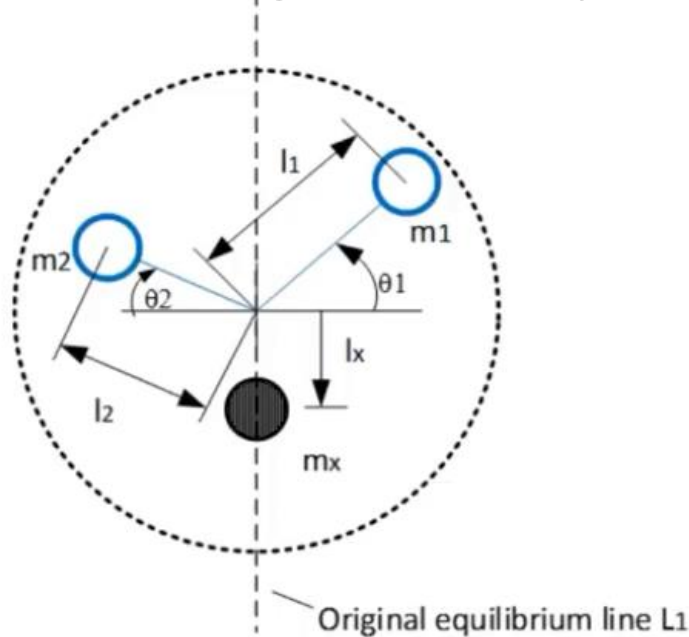
$$m_x g l_x \sin \theta_x - m_r g l_r \sin(\theta_r - \theta_x) = 0$$

$$m_x l_x = \frac{m_r l_r \sin(\theta_r - \theta_x)}{\sin \theta_x}$$

Usljed postojanja teške tačke rotor se zaustavi u L1.

Dodaje se teg poznate mase m_r na poznatoj udaljenosti l_r i poznatim uglom θ_r u odnosu na L1. Označi se novi pravac L2 I izmjeri se ugao θ_x .

Metode statičkog uravnoteženja – slučaj jasne neuravnoteženosti



Balansna masa se može podijeliti tako da se raspoređi na dvije unaprijed poznate lokacije.

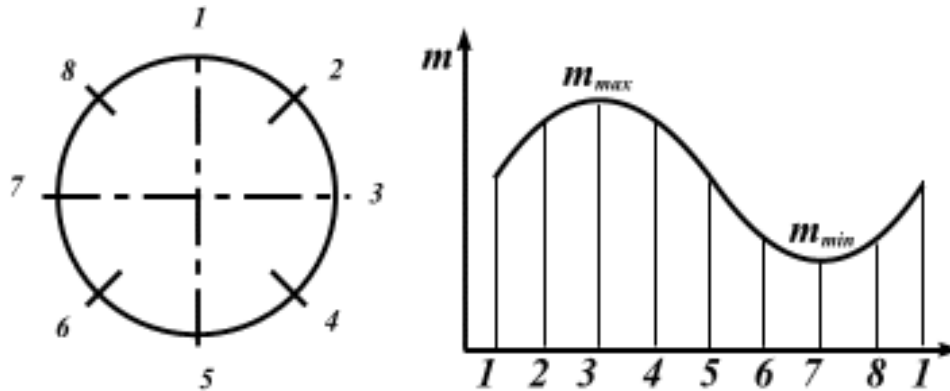
$$m_1 l_1 \cos \theta_1 - m_2 l_2 \cos \theta_2 = 0$$

$$m_1 l_1 \sin \theta_1 + m_2 l_2 \sin \theta_2 = m_x l_x$$

$$m_1 = \frac{m_x l_x \cos \theta_2}{l_1 \sin(\theta_1 + \theta_2)}$$

$$m_2 = \frac{m_x l_x \cos \theta_1}{l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2)}$$

Metode statičkog uravnoteženja - slučaj nejasne neuravnoteženosti



- Čeona strana rotora se podijeli na 6 do 8 jednakih dijelova
- Za svaku numerisanu tačku se odabere probni teg takve mase da iz horizontalnog položaja zakrene rotor za isti ugao (10-15deg).
- Iz dijagrama se da zaključiti da je ravan u kojoj leži "teška tačka" ravan minimalnog i maksimalnog teža. Probna masa se postavlja sa strane većeg probnog teža

$$m_p = \frac{(m_{max} + m_{min})}{2}$$

Masa kontratega

Balansiranje točkova vozila

- Proces balansiranja točkova vozila za svrhu ima smanjenje trošenja gume, povećanje komfora u vozilu i smanjenje opterećenja na dijelovima vozila.
- Debalans na točkovima vozila se javlja zbog neravnomjerne istrošenosti gume, deformisanosti gume ili felne, oštećenja i slično.



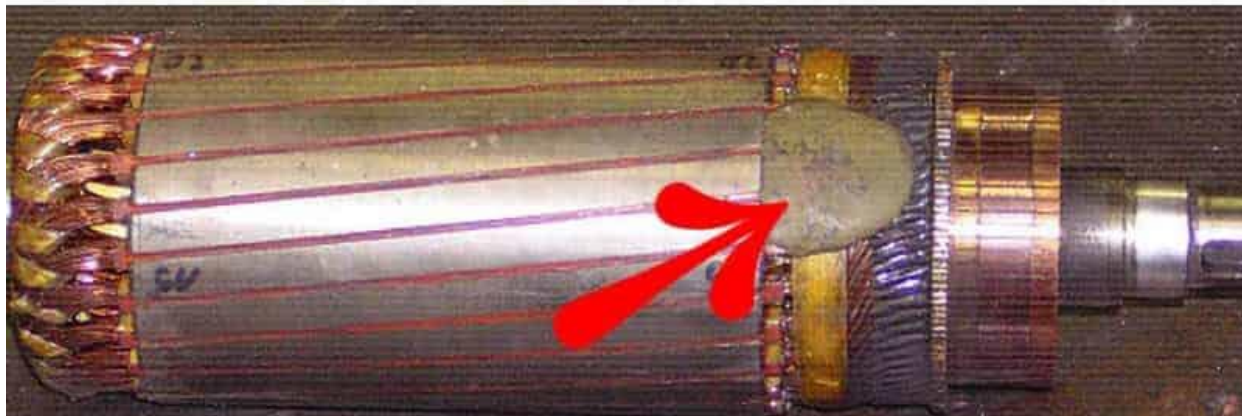
Mašina za balansiranje točkova vozila



Balansiranje rotora elektromotora



Removal of Material by Cutting the The Core for Rotor Balance



Mašina za statičko balansiranje rotora elektromotora

