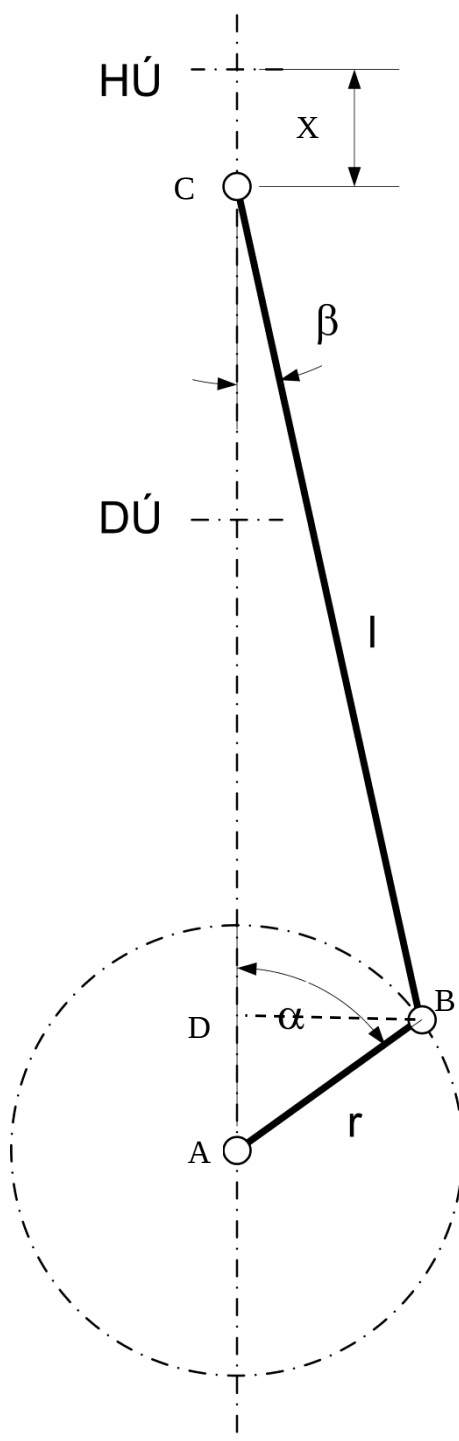




Kinematika kľukového mechanizmu

Kľukový mechanizmus zabezpečuje zmenu priamočiareho pohybu piesta na rotačný pohyb kľukového hriadeľa.





Kde:

x - vzdialenosť piesta

r - polomer kľukového hriadeľa

l - dĺžka ojnice

α - uhol pootočenia kľukového hriadeľa

$$\lambda = r/l$$

Potom:

Dráha piesta - x :

$$x = (l + r) - r \cdot \cos \alpha - l \cdot \cos \beta$$

$$x = r \cdot \left[1 - \cos \alpha + \frac{1}{\lambda} (1 - \cos \beta) \right]$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta}$$

$$z \triangle ADB \text{ a } \triangle BDC \rightarrow l \cdot \sin \beta = r \cdot \sin \alpha \rightarrow \sin \beta = \lambda \cdot \sin \alpha$$

$$\beta = \arcsin(\lambda \cdot \sin \alpha)$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \alpha}$$

$$x = r \cdot \left[1 - \cos \alpha + \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \alpha} \right) \right]$$

$$x \cong r \cdot \left[1 - \cos \alpha + \frac{1}{2} \lambda \cdot \sin^2 \alpha \right]$$

rýchlosť piesta (okamžitá) - c :

Stredná piestová rýchlosť: $c_s = 2z \cdot n$

z - zdvih

n - otáčky

Okamžitá rýchlosť piesta:

$$\omega = d\alpha/dt$$

$$c = \frac{dx}{dt} \Rightarrow c = r \cdot \omega \cdot \sin \alpha \left[1 + \frac{\lambda \cdot \cos \alpha}{\sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \alpha}} \right]$$

Zjednodušené:

$$c \cong r \cdot \omega \cdot (\sin \alpha + \lambda \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha)$$

alebo

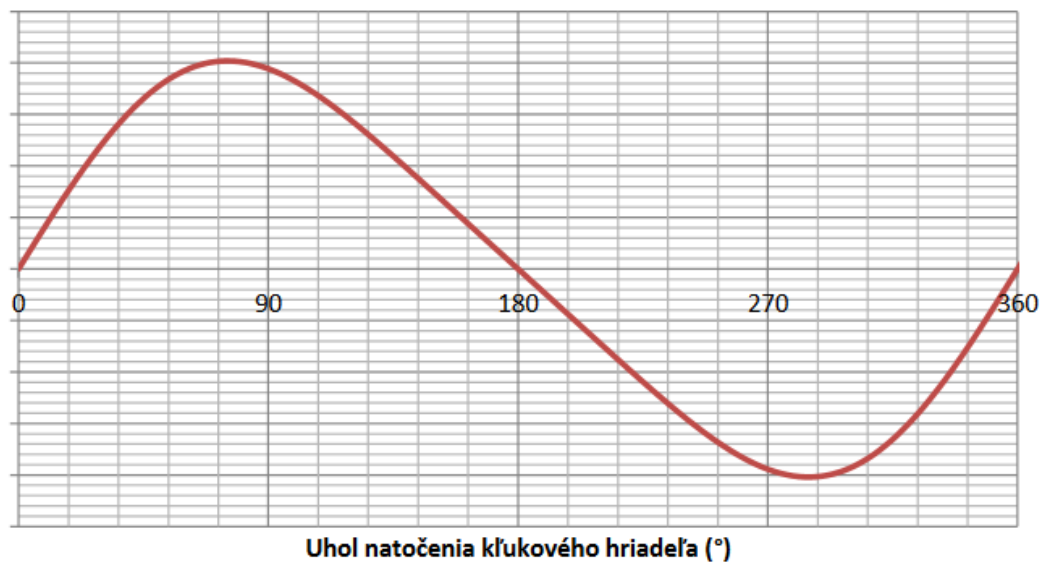
$$c \cong r \cdot \omega \cdot \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\alpha \right)$$

Maximálna rýchlosť:

$$c = r \cdot \omega \cdot \sqrt{1 + \lambda^2}$$



Graf rýchlosti:

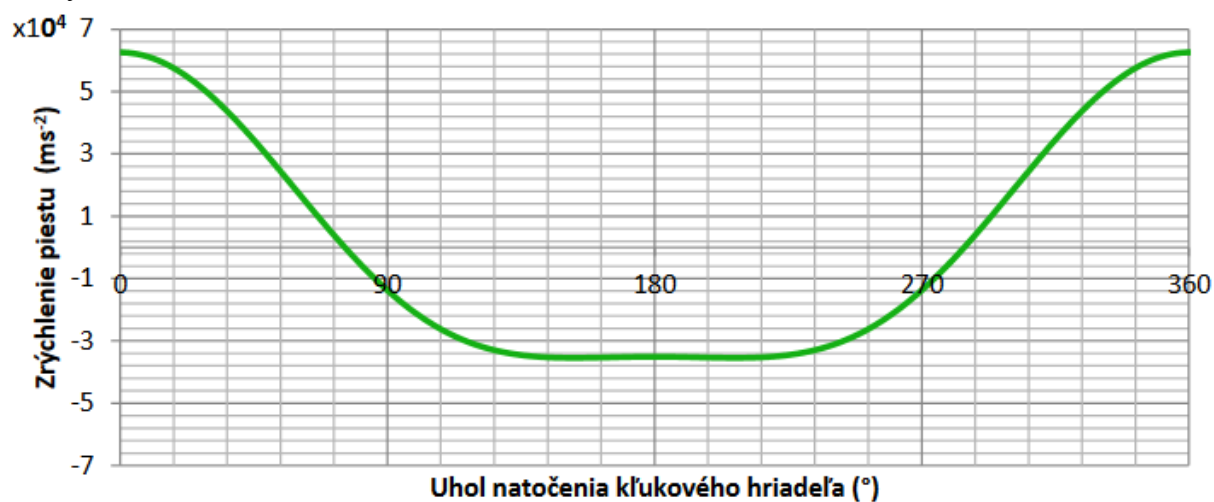


Zrýchlenie - a:

predpoklad že $\omega = \text{konšt.}$

$$a = \frac{dx^2}{dt^2} \Rightarrow a \simeq r \cdot \omega^2 \cdot (\cos \alpha + \lambda \cdot \cos 2\alpha)$$

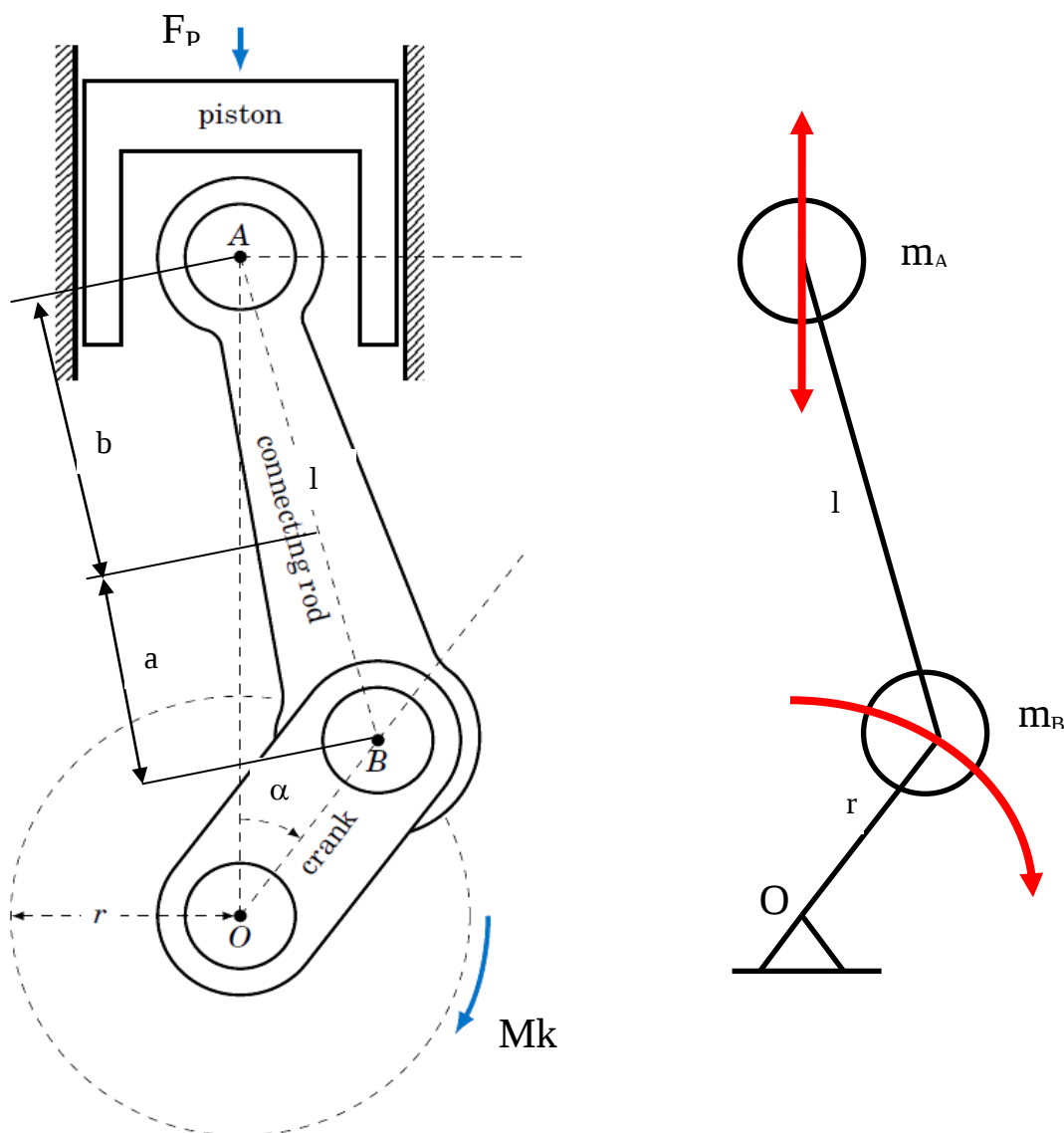
Graf zrýchlenia:





Dynamika kľukového mechanizmu

1. Redukcia hmôt



Každá časť kľukového mechanizmu á hmotnosť.

Hmotný bod - m_A .

V bode "A" budú koncentrované všetky hmoty posuvných častí (piest - piston, piestne krúžky - piston rings, piestny čap - wrist pin, časť ojnice - segment of connecting rod)

Hmotný bod - m_B

V bode "B" budú koncentrované všetky hmoty ktoré vykonávajú rotačný pohyb (časť kľukového hriadeľa - segment of crankshaft, ojnicné ložiská - crankpin bearing journal, časť ojnice - segment of connecting rod)



Redukcia hmotnosti ojnice:

$$m_o = m_{op} + m_{or}$$

m_o - hmotnosť ojnice

m_{op} - časť hmotnosti ojnice redukovaná do posuvných hmôt

m_{or} - časť hmotnosti ojnice redukovaná do rotačných hmôt

$$m_{op} \cdot b = m_{or} \cdot a$$

$$m_{or} = m_o \cdot b / l$$

2. Pracovná sila

$$F_p = S \cdot p(\alpha)$$

3. Výpočet zotrvačných síl

Zotrvačná sila rotačných hmôt:

$$F_{zr} = m_B \cdot r \cdot \omega^2$$

$$F_{zr} = (m_{or} + m_c + m_{khred} \cdot x_r / r) \cdot r \cdot \omega^2$$

Zotrvačná sila posuvných hmôt:

$$F_{zp} = m_A \cdot a$$

$$F_{zp} = (m_{op} + m_p + m_{pr} + m_{pp}) \cdot a$$

$$F_{zp} = m_A \cdot r \cdot \omega^2 \cdot (\cos \alpha + \lambda \cdot \cos 2\alpha)$$

$$F_{zp} = m_A \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \cos \alpha + m_A \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \lambda \cdot \cos 2\alpha$$

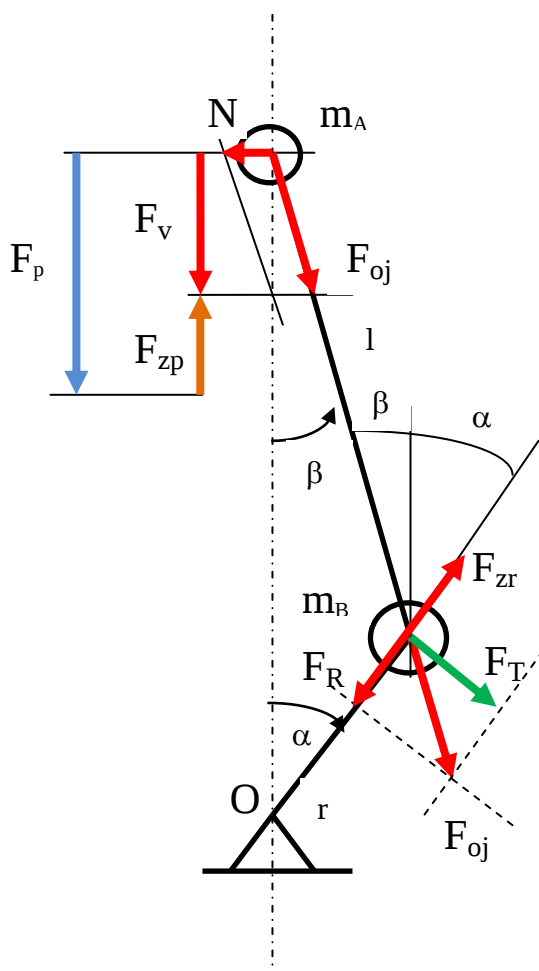
$$F_{zp} = F_{zpl} + F_{zpll}$$

Zotrvačné sily pôsobia proti pracovnej sile.

F_{zpl} - Zotrvačná sila 1- stupňa.

F_{zpll} - Zotrvačná sila 2- stupňa.

4. Sily v kľukovom mechanizme



Výsledná sila na piestnom čape:

$$\overline{F_v} = \overline{F_p} + \overline{F_{zp}}$$

Normálová zložka zachytená stenou valca:

$$N = F_v \cdot \tan \beta$$

Sila na ojnici:

$$F_{oj} = \frac{F_v}{\cos \beta}$$

Rozklad sily na kľukovom hriadeli:

$$F_T = F_{oj} \cdot \sin (\alpha + \beta)$$

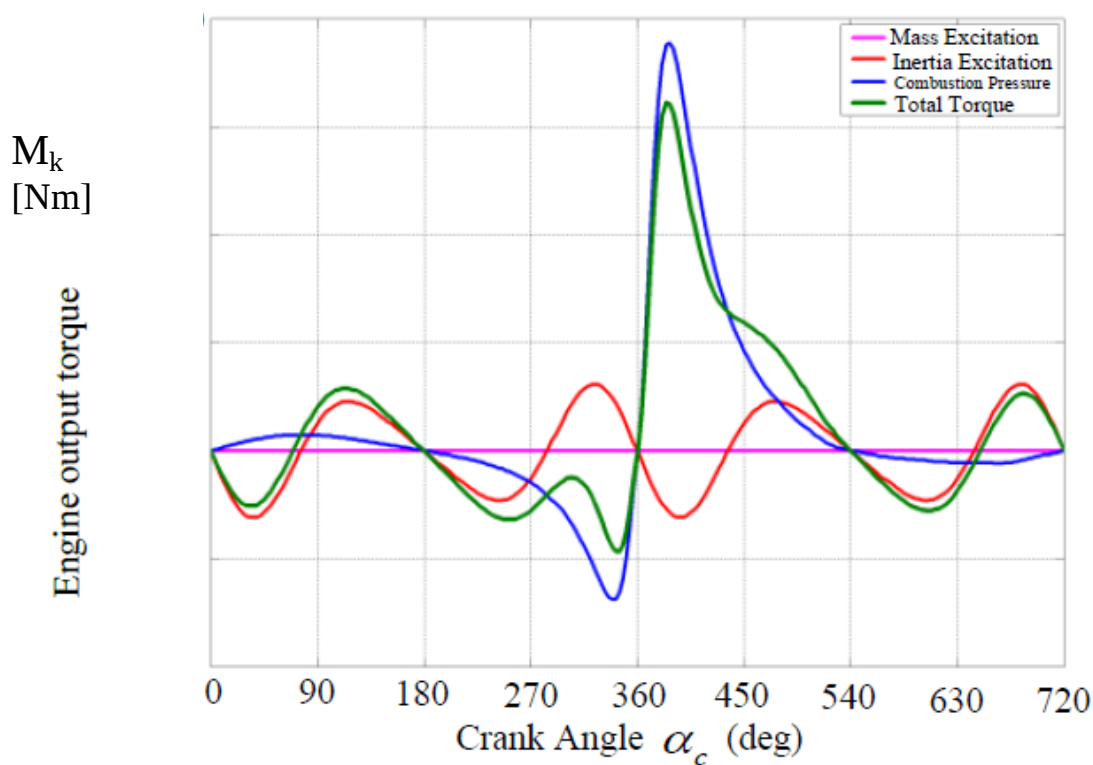
$$F_R = F_{oj} \cdot \cos (\alpha + \beta)$$



Krútiaci moment:

$$M_k = F_T \cdot r$$

Priebeh krútiaceho momentu pre jeden valec:



Priebeh krútiaceho momentu pre viac valcový motor:

