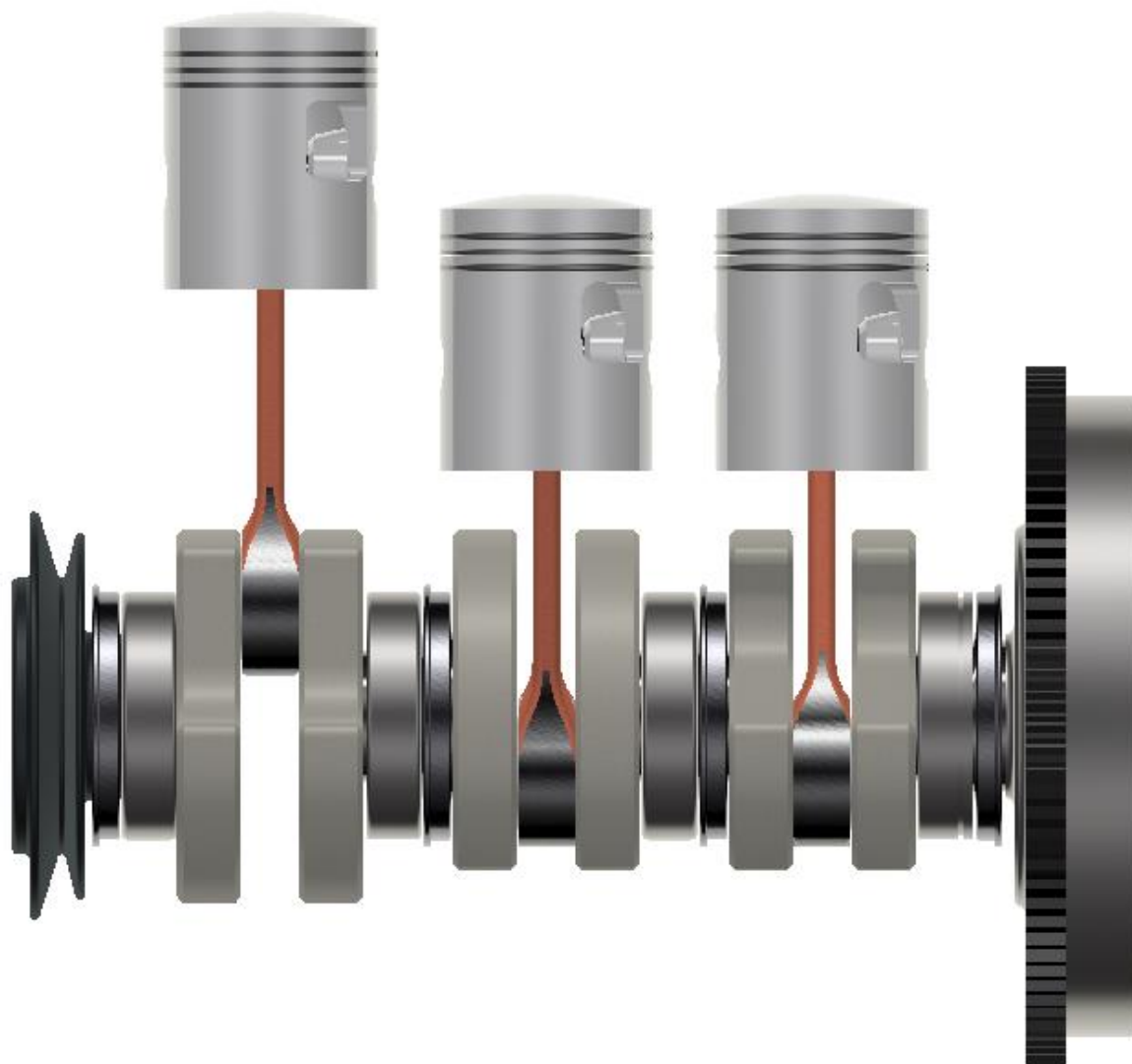
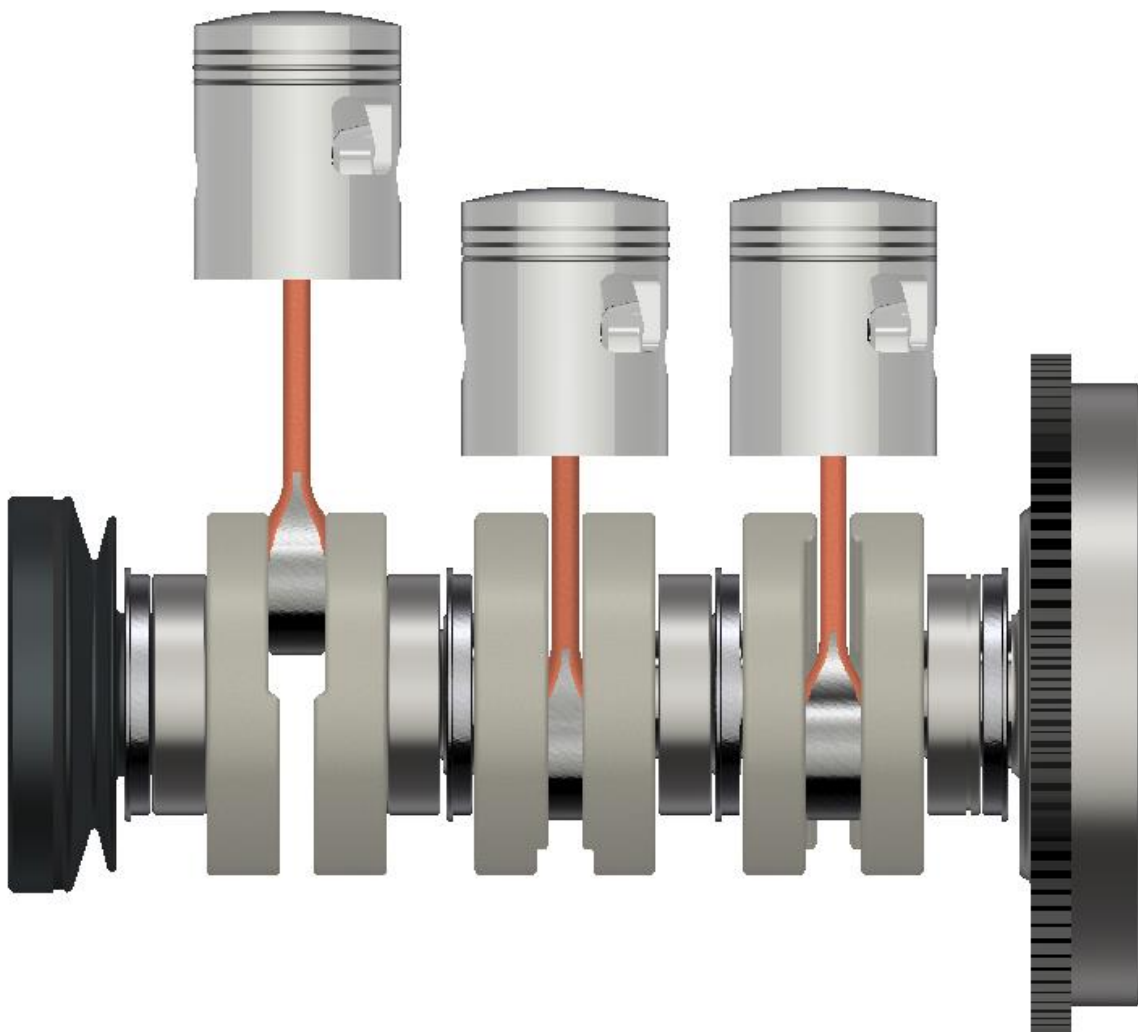


PRÍLOHA 1 - GRAFICKÁ PRÍLOHA MOTOROV WARTBURG

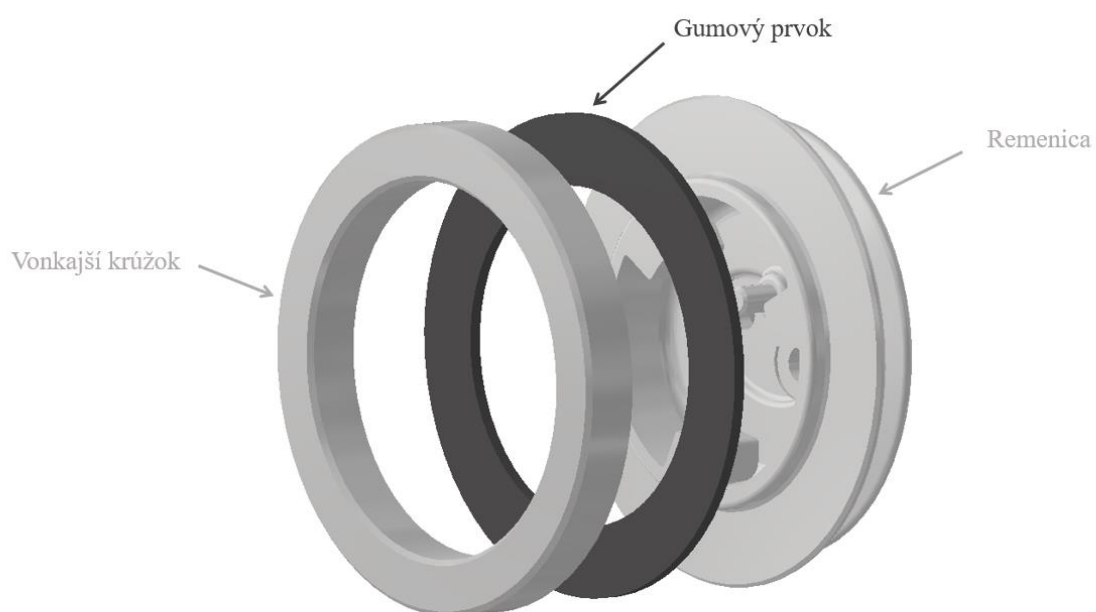
Obr. P 1 Kľukový mechanizmus variantu 33 kW



Obr. P 2 Kľukový mechanizmus variantu 37 kW

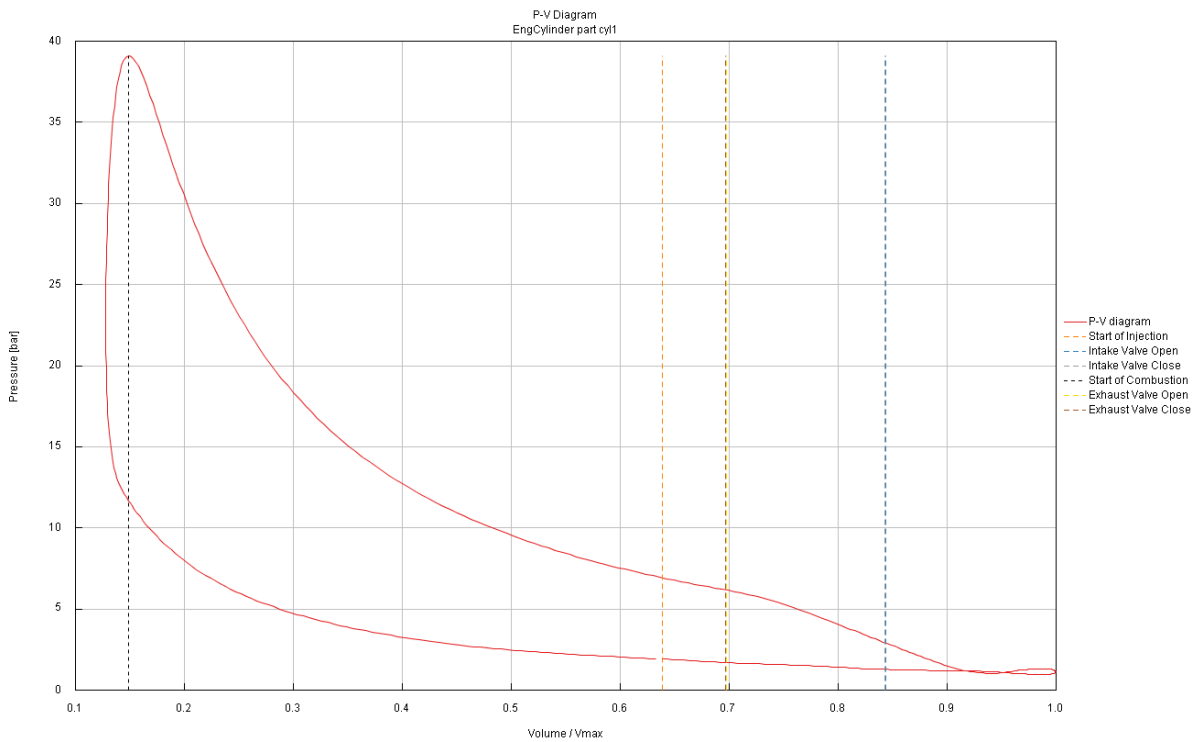


Obr. P 3 Ojničné ložisko

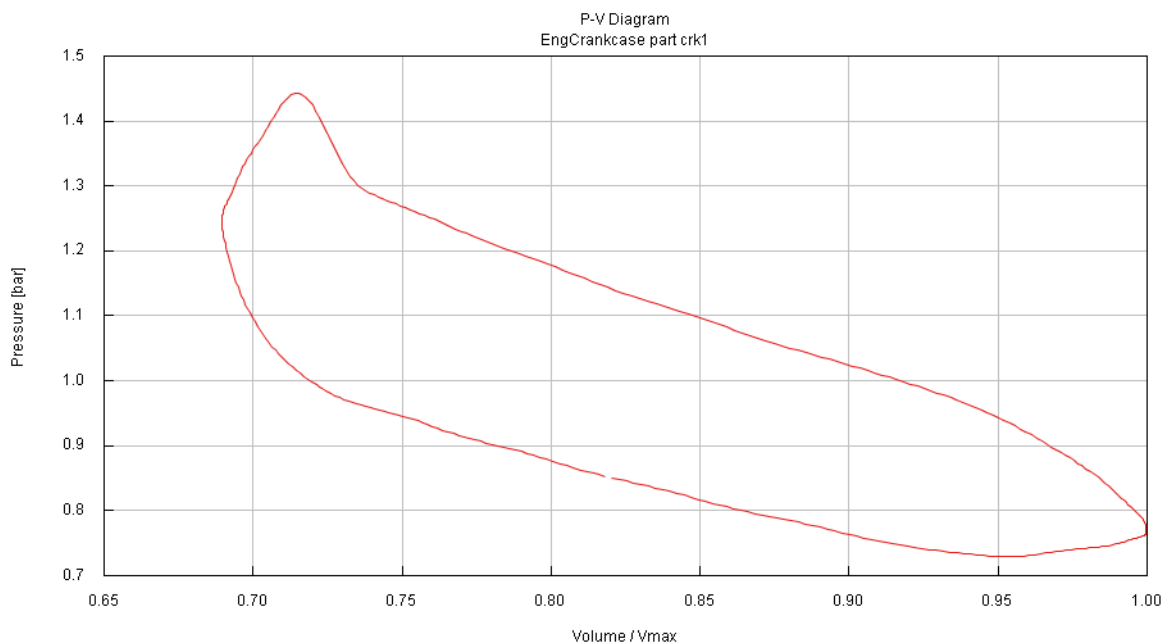


Obr. P 4 Prvky remenice s tmičom torzných kmitov

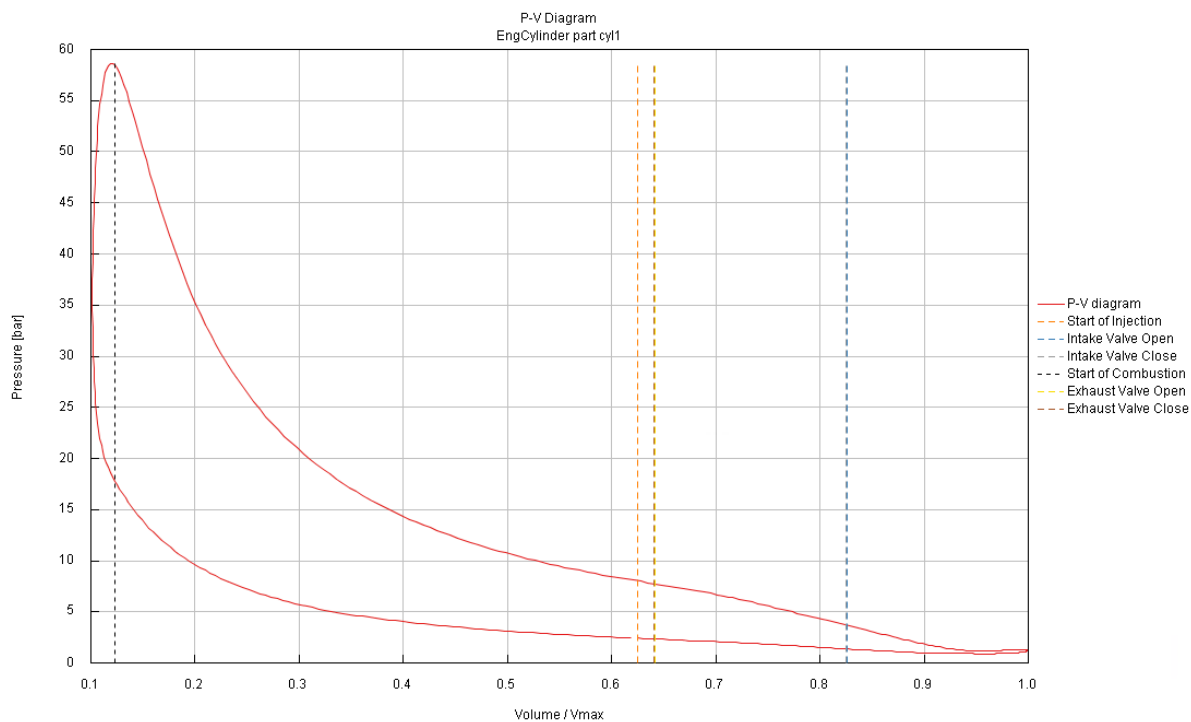
PRÍLOHA 2 – P-V DIAGRAMY



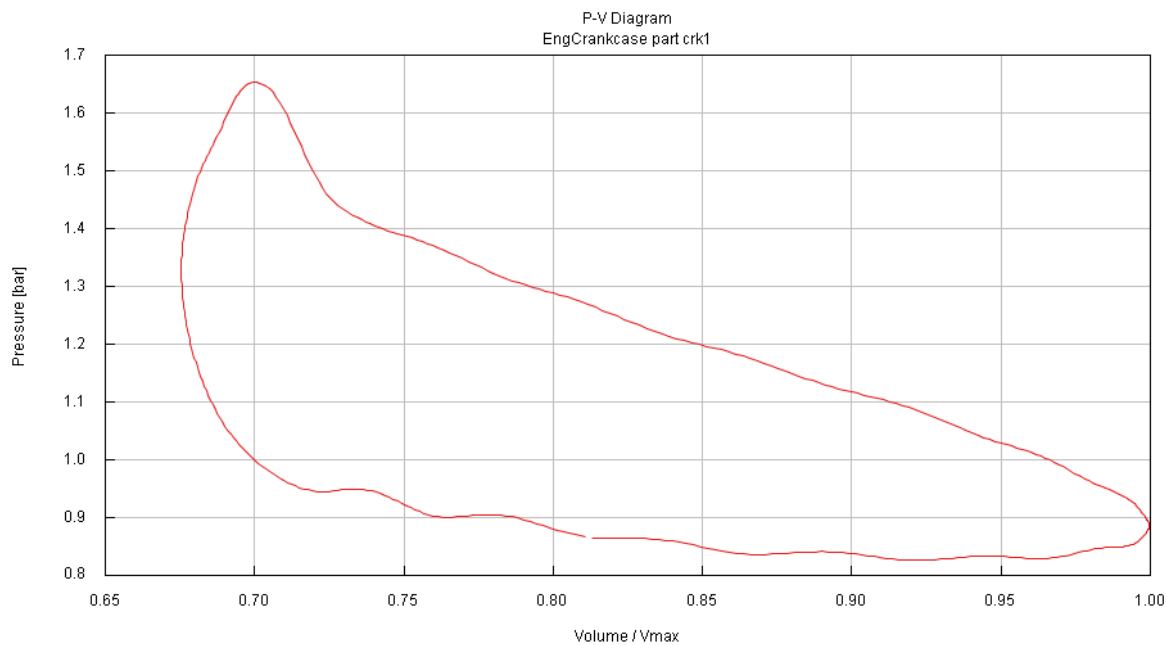
Obr. P 6 p-V diagram vo valci sériového motora pri max. zaťažení



Obr. P 5 p-V diagram kľukovej skrine sériového motora



Obr. P 7 p-V diagram vo valci motora so zvýšeným výkonom



Obr. P 8 p-V diagram kľukovej skrine motora so zvýšeným výkonom

PRÍLOHA 3 – VÝPOČTY

Pozn.: Výpočty boli exportované z MATHCADu

Časovanie motora WARTBURG 353

r = kľukový polomer

l = dĺžka ojnice

c = nedobeh piestu v hornej úvrati

h = výška hornej hrany kanála

$$t := r + l + c - h$$

$$r := \frac{78}{2} \text{ mm}$$

$$l := 144,5 \text{ mm}$$

$$c := 0 \text{ mm}$$

$$h_{\text{pist}} := 89,8 \text{ mm}$$

$$h_{\text{tran}} := 64,15 \text{ mm}$$

$$h_{\text{ex}} := 51 \text{ mm}$$

$$h_{\text{int}} := 115 \text{ mm}$$

IO - začiatok sania

IC - koniec sania

TO - začiatok prepúšťania

TC - koniec prepúšťania

EO - začiatok výfuku

EC - koniec výfuku

*pozn: táto hodnota je súčtom vzdialenosti hornej hrany kanála od hrany valca a výšky okna sacieho kanálu

Sanie

$$t_{\text{int}} := r + l + c + h_{\text{pist}} - h_{\text{int}} = 158,3 \text{ mm}$$

$$\text{INTAKE} := 2 \cdot \arccos\left(\frac{t_{\text{int}}^2 + r^2 - l^2}{2 \cdot t_{\text{int}} \cdot r}\right) = 125,018 \text{ deg}$$

Prepúšťanie

$$t_{\text{tran}} := r + l + c - h_{\text{tran}} = 119,35 \text{ mm}$$

$$\text{TO} := \arccos\left(\frac{t_{\text{tran}}^2 + r^2 - l^2}{2 \cdot t_{\text{tran}} \cdot r}\right) = 123,328 \text{ deg}$$

$$\text{TC} := \text{TO} = 123,328 \text{ deg}$$

*za hornou úvrat'ou

*pred hornou úvrat'ou

$$\text{TRANSFER} := 360 \text{ deg} - (\text{TO} + \text{TC}) = 113,344 \text{ deg}$$

*Celková doba otvoreného kanálu

**Výfuk**

$$t_{\text{ex}} := r + l + c - h_{\text{ex}} = 132,5 \text{ mm}$$

$$EO := \arccos\left(\frac{t_{\text{ex}}^2 + r^2 - l^2}{2 \cdot t_{\text{ex}} \cdot r}\right) = 100,047 \text{ deg}$$

*za hornou úvrat'ou

$$EC := EO = 100,047 \text{ deg}$$

*pred hornou úvrat'ou

$$\text{EXHAUST} := 360 \text{ deg} - (EO + EC) = 159,906 \text{ deg}$$

*Celková doba otvoreného kanálu

Výpočet kompresného pomeru v priestore pod piestom- variant 33kW

Objem vnútornej časti piestu

$$V_{\text{piest}} := 195 \text{ cm}^3$$

Objem ramena kľukového hriadeľa

$$V_{\text{ram}_{33}} := 220,725 \text{ cm}^3$$

Objem prepúšťacieho kanálu

$$V_{\text{prep}} := 26 \text{ cm}^3$$

Objem kľukovej skrine

$$V_{\text{skriňa}} := 710 \text{ cm}^3$$

Zvyšný objem valca s výškou sacieho kanálu

$$D_{\text{piest}} := 73,5 \text{ mm}$$

$$h_{\text{sac}} := 21 \text{ mm}$$

$$V_{\text{sac}} := \pi \cdot \frac{D_{\text{piest}}^2}{4} \cdot h_{\text{sac}} = 89,101 \text{ cm}^3$$

Celkový objem skrine pri hornej úvrati piestu

$$V_{\text{celk}_{33}} := V_{\text{skriňa}} + V_{\text{piest}} + 2 \cdot V_{\text{prep}} + V_{\text{sac}} = (1,046 \cdot 10^3) \text{ cm}^3$$

Objem skrine pri dolnej úvrati piestu

$$h := 78 \text{ mm}$$

$$V_{\text{zdv}} := \frac{\pi \cdot D_{\text{piest}}^2}{4} \cdot h = 330,948 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{dol}_33} := V_{\text{celk}_33} - V_{\text{zdv}} = 715,154 \text{ cm}^3$$

Kompresný pomer v priestore pod piestom

$$\varepsilon_{p_33} := \frac{V_{\text{celk}_33}}{V_{\text{dol}_33}} = 1,463$$

Výpočet kompresného pomeru v priestore pod piestom- variant 37kW

Objem ramena kľukového hriadeľa

$$V_{\text{ram}_37} := 276,868 \text{ cm}^3$$

Rozdiel objemov oboch variantov ramien

$$V_{\text{rozd}} := V_{\text{ram}_37} - V_{\text{ram}_33} = 56,143 \text{ cm}^3$$

Analogický výpočet škodného objemu skrine na základe rozdielov objemov ramien KH

$$V_{\text{celk}_37} := V_{\text{celk}_33} - 2 \cdot V_{\text{rozd}} = 933,815 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{dol}_37} := V_{\text{celk}_37} - V_{\text{zdv}} = 602,868 \text{ cm}^3$$

$$\varepsilon_{p_37} := \frac{V_{\text{celk}_37}}{V_{\text{dol}_37}} = 1,549$$

Výpočet síl od tlakov plynov a zotrvačných síl

INPUT₁ := READEXCEL (“\Priebeh_tlaku_W353,xlsx”, “Hárok1!A3:H363”)

INPUT₂ := READEXCEL (“\Priebeh_tlaku_W353,xlsx”, “Hárok2!B2:C362”)

INPUT₃ := READEXCEL (“\Priebeh_tlaku_W353,xlsx”, “Hárok3!B2:C362”)

p₃₅₃ := INPUT₁⁽⁴⁾ bar

Celkový tlak (rozdiel tlakov v spaľovacom priestore a v kľukovej skrini pri max. toč. momente - 37 kW variant

p_{melkus} := INPUT₁⁽⁷⁾ bar

Celkový tlak (rozdiel tlakov v spaľovacom priestore a v kľukovej skrini pri max. toč. momente - variant Melkus

α := INPUT₁⁽¹⁾ deg

Natočenie kľukového hriadeľa



$$d_{353} := 73,5 \text{ mm}$$

Vrtanie pre sériový motor

$$d_{\text{melkus}} := 75,5 \text{ mm}$$

Vrtanie pre motor Melkus

$$l := 144,5 \text{ mm}$$

Dĺžka ojnice

$$r := \frac{78}{2} \text{ mm}$$

Dĺžka zalomenia

$$\lambda := \frac{r}{l} = 0,27$$

Kľukový pomer

$$S_{353} := \frac{\pi \cdot d_{353}^2}{4}$$

$$S_{\text{melkus}} := \frac{\pi \cdot d_{\text{melkus}}^2}{4}$$

Plocha dna piestu

$$p_{\max_353} := \max(p_{353}) = 35,144 \text{ bar}$$

Maximálne hodnoty
spaľovacieho tlaku

$$p_{\max_melkus} := \max(p_{\text{melkus}}) = 59,382 \text{ bar}$$

$$p_{2_353} := \text{INPUT}_2^{(0)} \text{ bar}$$

$$p_{2_melkus} := \text{INPUT}_2^{(1)} \text{ bar}$$

$$p_{3_353} := \text{INPUT}_3^{(0)} \text{ bar}$$

$$p_{3_melkus} := \text{INPUT}_3^{(1)} \text{ bar}$$

Sily od tlakov plynov posobiace na dno piestu

$$F_{p_1_353} := p_{353} \cdot S_{353}$$

Priebeh sily v 1. valci

$$F_{p_1_melkus} := p_{\text{melkus}} \cdot S_{\text{melkus}}$$

$$F_{p_2_353} := p_{2_353} \cdot S_{353}$$

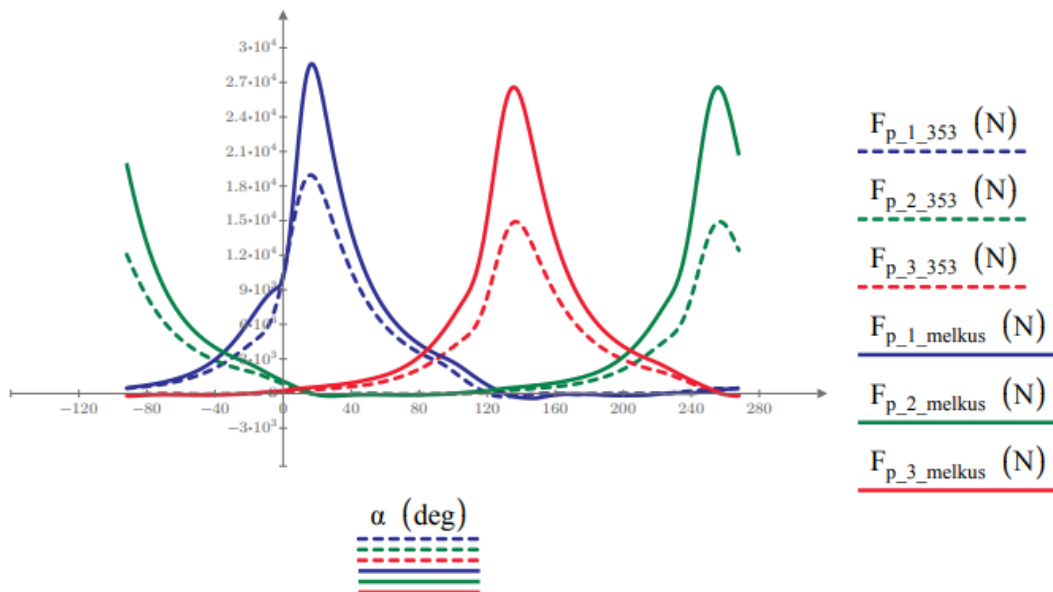
Priebeh sily v 2. valci

$$F_{p_2_melkus} := p_{2_melkus} \cdot S_{\text{melkus}}$$

$$F_{p_3_353} := p_{3_353} \cdot S_{353}$$

Priebeh sily v 3. valci

$$F_{p_3_melkus} := p_{3_melkus} \cdot S_{\text{melkus}}$$



$$m_{p_{353}} := 396,568 \text{ gm}$$

Hmotnosť piestu sériového motora

$$m_{p_{melkus}} := 407 \text{ gm}$$

Hmotnosť piestu motora s vyšším výkonom

$$m_{pč} := 87,728 \text{ gm}$$

Hmotnosť piestneho čapu

$$m_{pk_{353}} := 11,746 \text{ gm}$$

Hmotnosť piestneho krúžku sériového motora

$$m_{pk_{melkus}} := 12,083 \text{ gm}$$

Hmotnosť piestneho krúžku motora Melkus

$$m_z := 1,330 \text{ gm}$$

Hmotnosť závlačky piestneho čapu

$$m_{ol} := 19,112 \text{ gm}$$

Hmotnosť ojničného ložiska

Redukcia CAD ojnice do troch a následne dvoch hmotných bodov

$$m_{oj} := 360,977 \text{ gm}$$

Hmotnosť ojnice

$$A := 74,808 \text{ mm}$$

Poloha ťažiska ojnice voči malému oku

$$B := 69,692 \text{ mm}$$

Poloha ťažiska ojnice voči veľkému oku

$$J_T := 0,001491642 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Moment zotrvačnosti v ťažisku (CAD)



$$m_1 := \frac{J_T}{A \cdot l} = 137,99 \text{ gm} \quad \text{Redukovaná hmotnosť posuvných častí}$$

$$m_2 := \frac{J_T}{B \cdot l} = 148,12 \text{ gm} \quad \text{Redukovaná hmotnosť rotujúcich častí}$$

$$m_T := m_{oj} - (m_1 + m_2) = 74,867 \text{ gm} \quad \text{Hmotnosť sústredená v ťažisku}$$

$$m_{po} := m_1 + m_T \cdot \frac{A}{l} = 176,749 \text{ gm} \quad \text{Hmotnosť pos. častí}$$

$$m_{ro} := m_2 + m_T \cdot \frac{B}{l} = 184,228 \text{ gm} \quad \text{Hmotnosť rot. častí}$$

$$m_{po} + m_{ro} = 360,977 \text{ gm} \quad \text{Overenie správnosti výpočtu}$$

$$m_{ps_353} := m_{p_353} + m_{pč} + 3 \cdot m_{pk_353} + 2 \cdot m_z + m_{ol} + m_{po} = 718,055 \text{ gm}$$

Hmotnosť posuvných častí sériového motora

$$m_{ps_melkus} := m_{p_melkus} + m_{pč} + 3 \cdot m_{pk_melkus} + 2 \cdot m_z + m_{ol} = 552,749 \text{ gm}$$

Hmotnosť posuvných častí motora Melkus

$$n_{j353} := 3800 \text{ min}^{-1}$$

Nominálne otáčky

$$n_{jmelkus} := 5000 \text{ min}^{-1}$$

$$\omega_{j353} := \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{j353}}{60} = 6,632 \frac{1}{s}$$

Nominálna uhlová rýchlosť

$$\omega_{jmelkus} := \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{jmelkus}}{60} = 8,727 \frac{1}{s}$$

$$a_{p_353} := r \cdot \omega_{j353}^2 \cdot (\cos(\alpha) + \lambda \cdot \cos(2 \cdot \alpha))$$

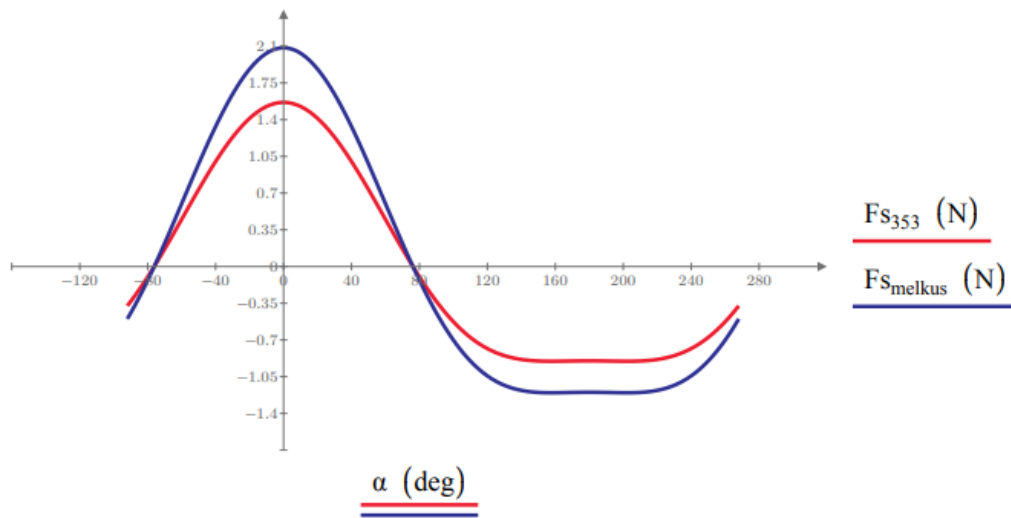
Zrýchlenie piestu

$$a_{p_melkus} := r \cdot \omega_{jmelkus}^2 \cdot (\cos(\alpha) + \lambda \cdot \cos(2 \cdot \alpha))$$

$$F_{S353} := m_{ps_353} \cdot a_{p_353}$$

Zotrvačné sily posuvných hmot

$$F_{Smelkus} := m_{ps_melkus} \cdot a_{p_melkus}$$



Výpočet tlmiča torzných kmitov

$$G_d := 1,8 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti v šmyku

$$d_1 := 97 \text{ mm}$$

Vnútorný priemer gumového prvku

$$d_2 := 138 \text{ mm}$$

Vonkajší priemer gumového prvku

$$d := \frac{d_2 + d_1}{2} = 117,5 \text{ mm}$$

Stredný priemer gumového prvku

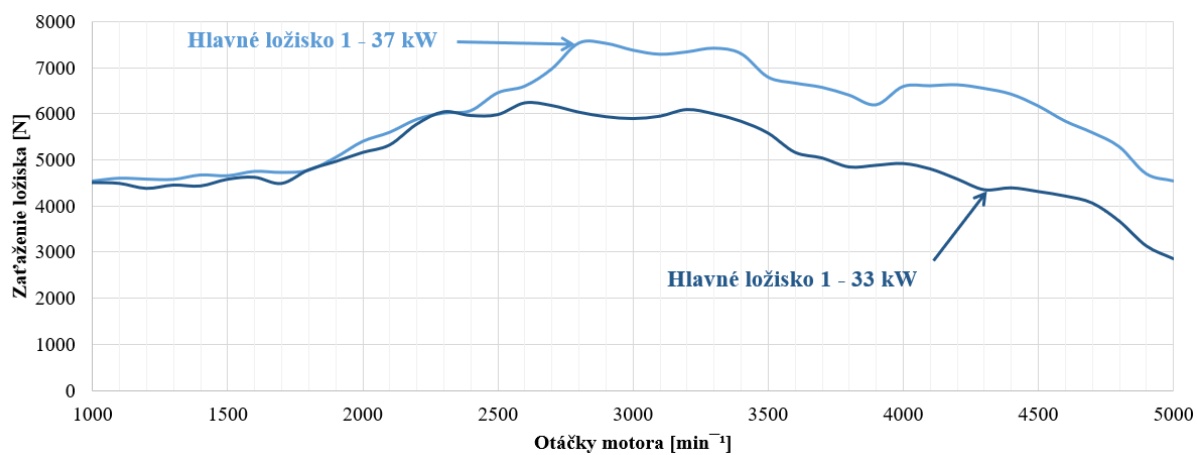
$$h := 3,5 \text{ mm}$$

Šírka gumového prvku

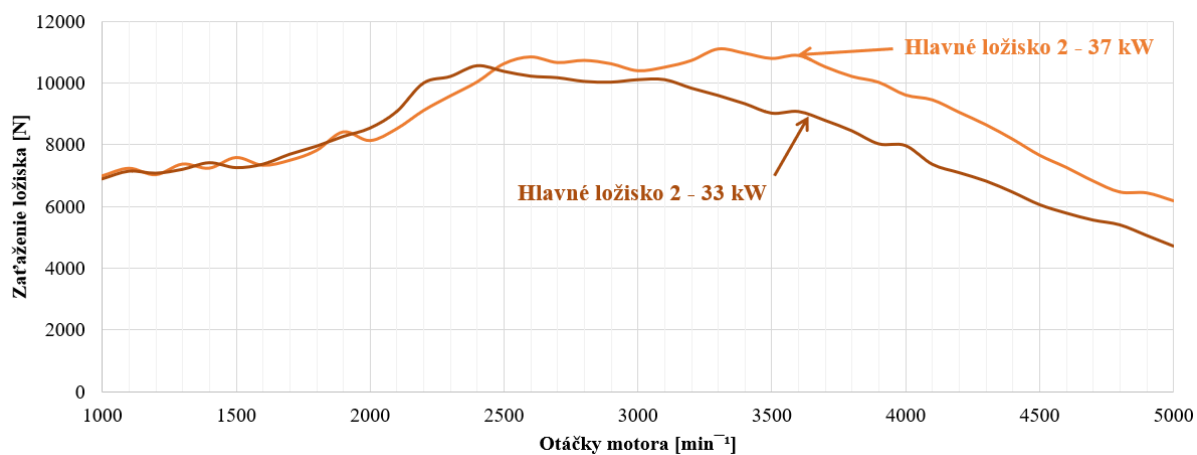
$$c_t := \frac{\pi \cdot G_d \cdot (d_2^4 - d_1^4)}{32 \cdot h} = 13841,531 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{rad}}$$

Torzná tuhosť gumového prvku

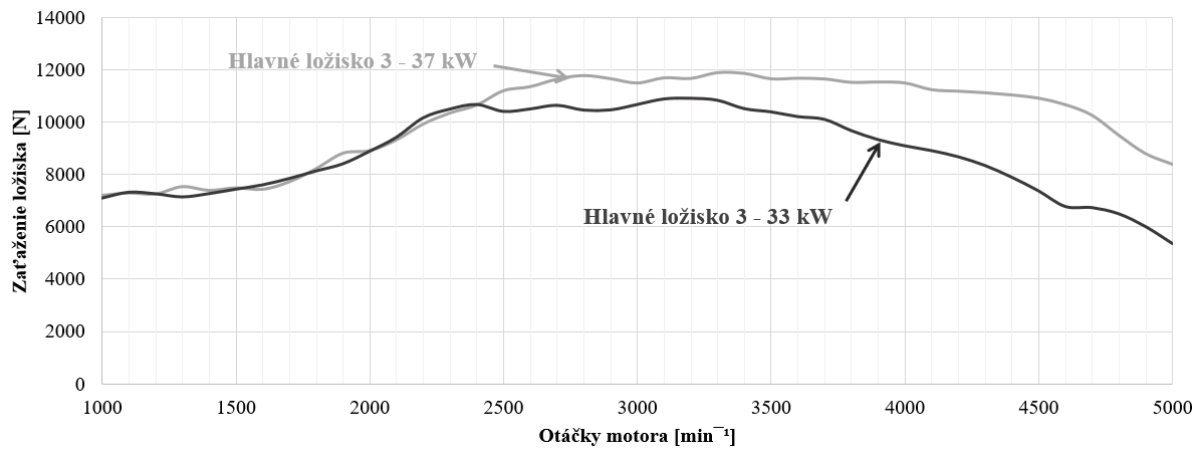
PRÍLOHA 4 – POROVNANIE ZAŤAŽENIA LOŽÍSK



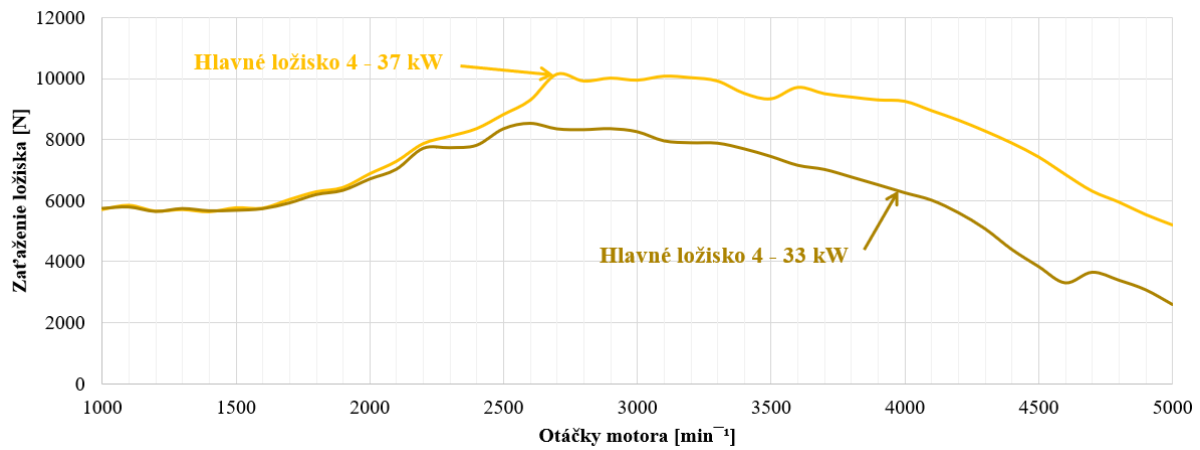
Obr. P 9 Porovnanie zaťaženia prvého hlavného ložiska



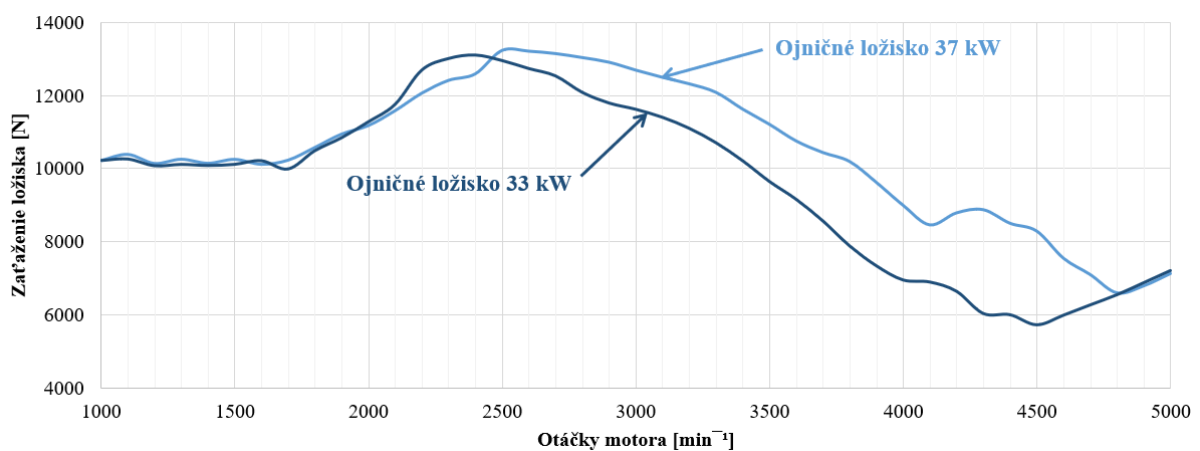
Obr. P 10 Porovnanie zaťaženia druhého hlavného ložiska



Obr. P 12 Porovnanie zaťaženia tretieho hlavného ložiska

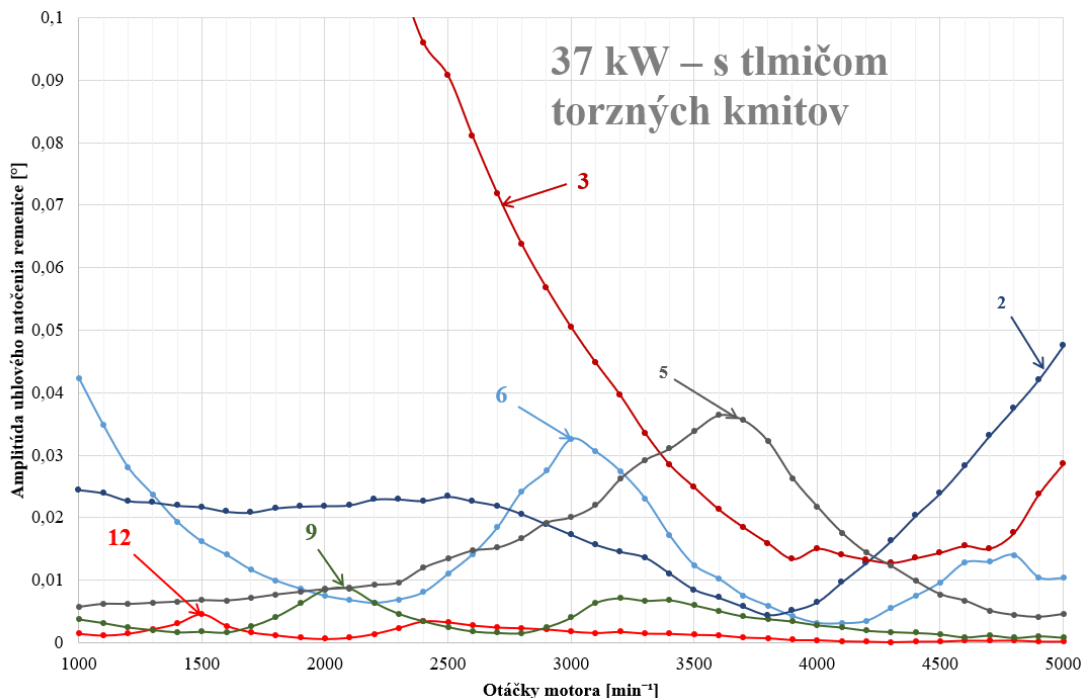


Obr. P 11 Porovnanie zaťaženia štvrtého hlavného ložiska

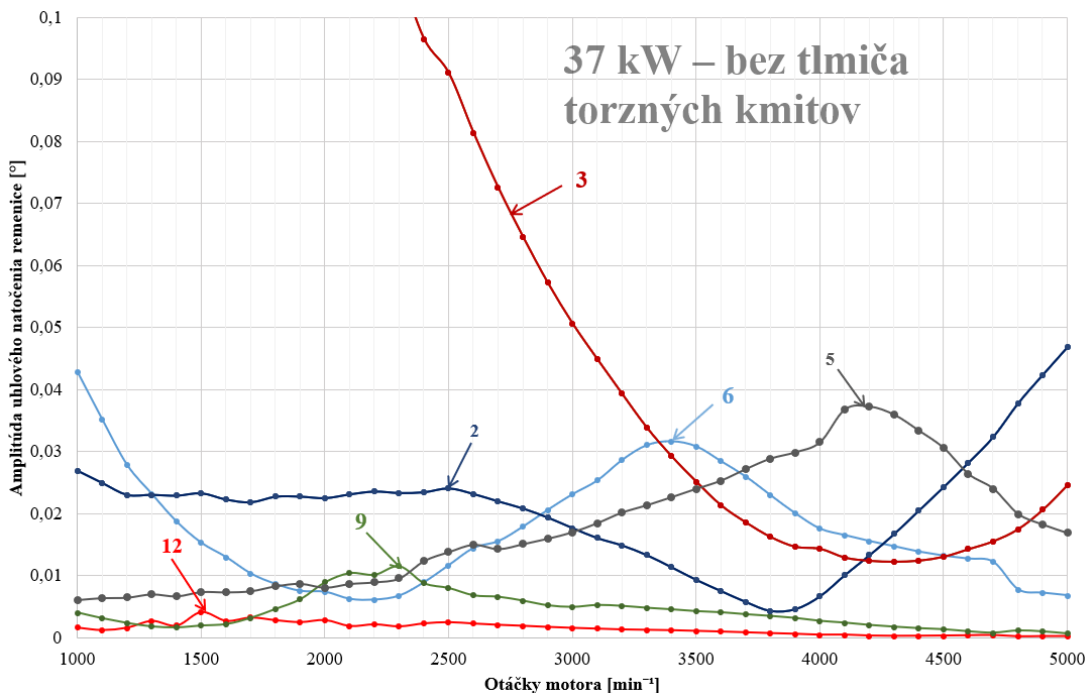


Obr. P 13 Porovnanie zaťaženia ojničného ložiska

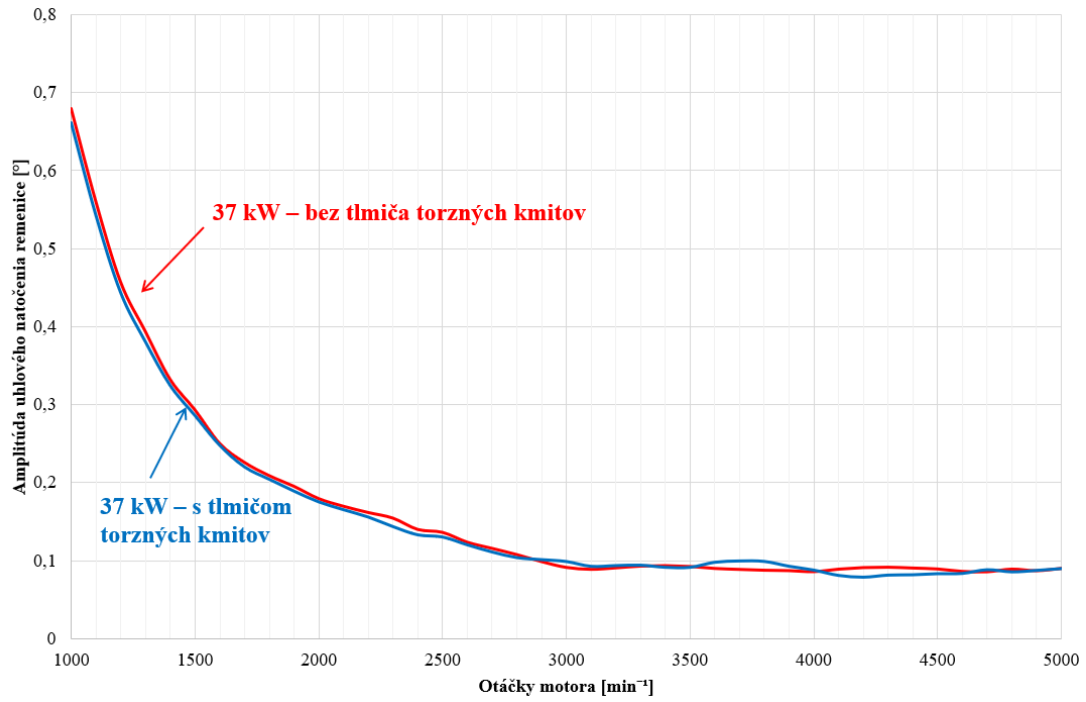
PRÍLOHA 5 – POROVNANIE TORZNÉHO KMITANIA S TLMIČOM A BEZ NEHO



Obr. P 14 Amplitúda uhlovej výchylky remenice s tlmivom torzných kmitov



Obr. P 15 Amplitúda uhlovej výchylky remenice bez tlmivča torzných kmitov



Obr. P 16 Polovica rozkmitu - s tlmičom a bez