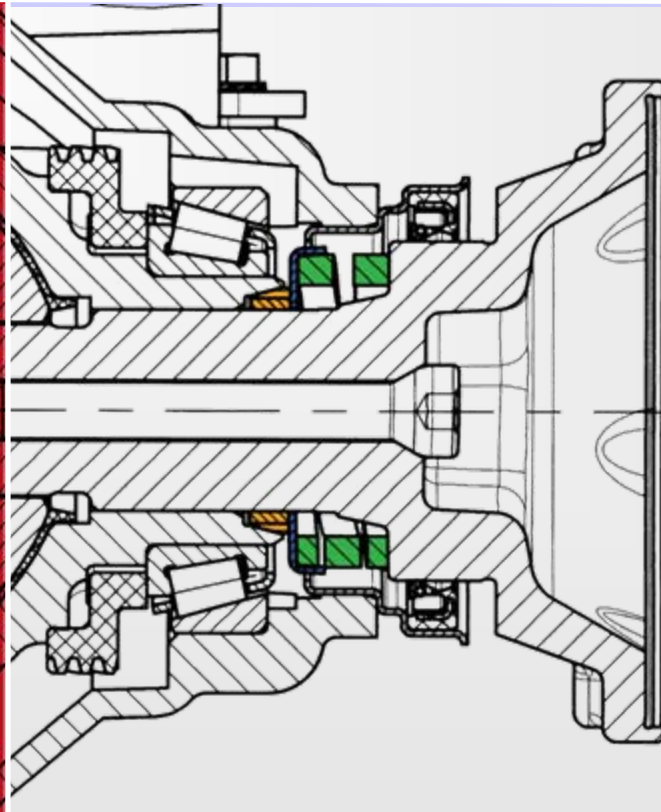


- **Snižování hlukové emise moderní automobilové převodovky**

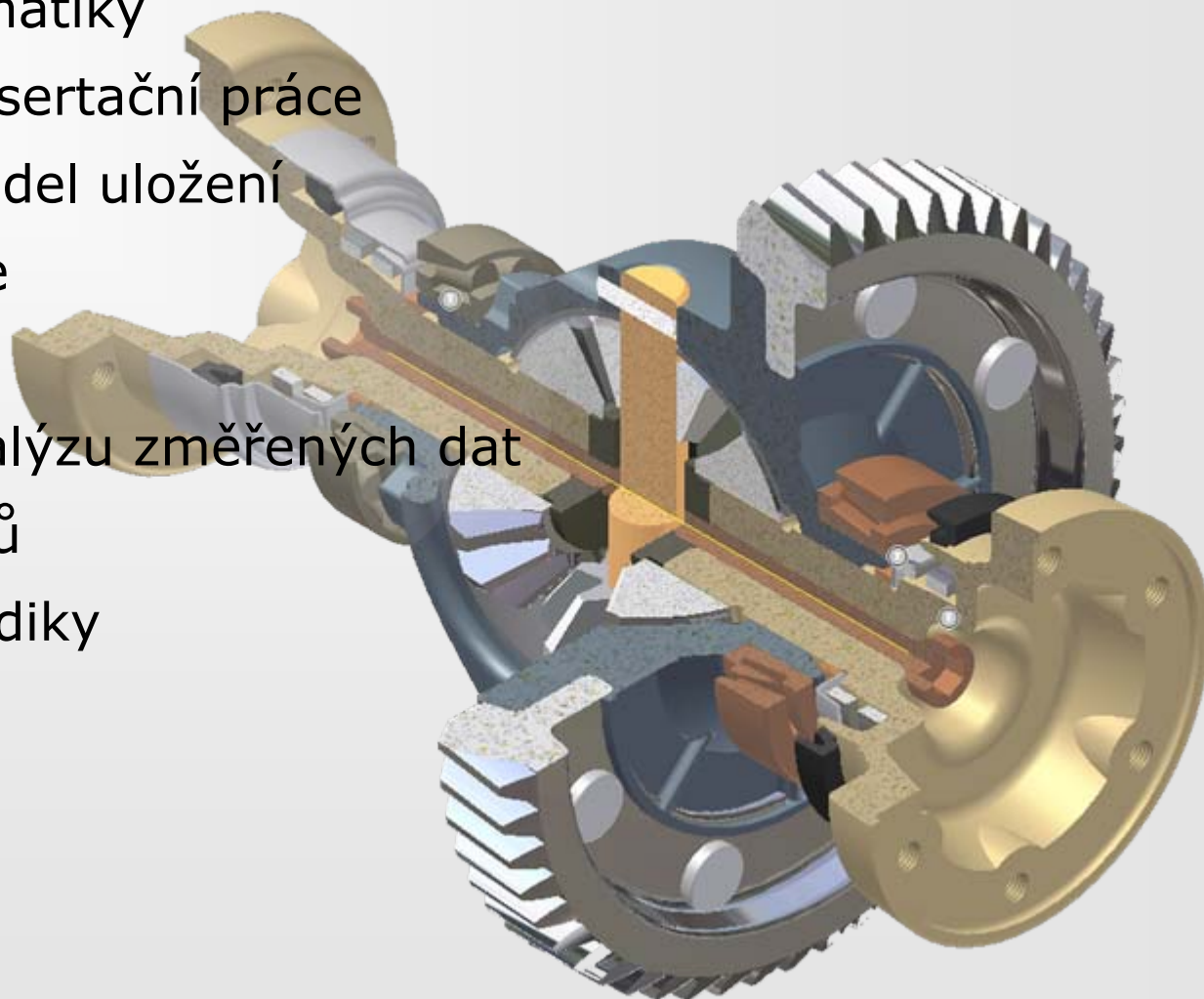
- Obhajoba disertační práce

- Ing. Milan Klapka





- Úvod do problematiky
- Vymezení cílů disertační práce
- Matematický model uložení
- Zkušební stanice
- Měřicí řetězec
- Program pro analýzu změřených dat
- Analýza výsledků
- Formulace metodiky
- Závěr





Mechanická uvolněnost

- Negativně se projevuje zpravidla mezi hřídelí a ložiskem nebo hřídelí a rotorem při buzení radiálními vibracemi.
- Projevy jsou vysoce nestabilní a nahodilé.
- Nestabilní chování postižených elementů – zvýšená hlučnost stroje.
- Diferenciál – lokalizován jako významný zdroj hluku v důsledku mechanické uvolněnosti.

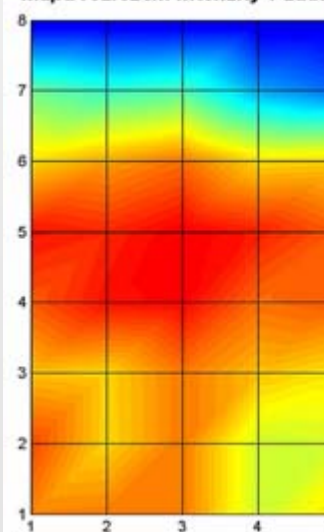
Fotografie rozmístění bodů na ploše



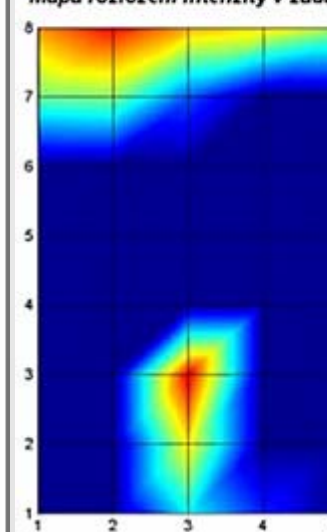
Fotografie rozmístění bodů na ploše



Mapa rozložení intenzity v zadaném pásmu

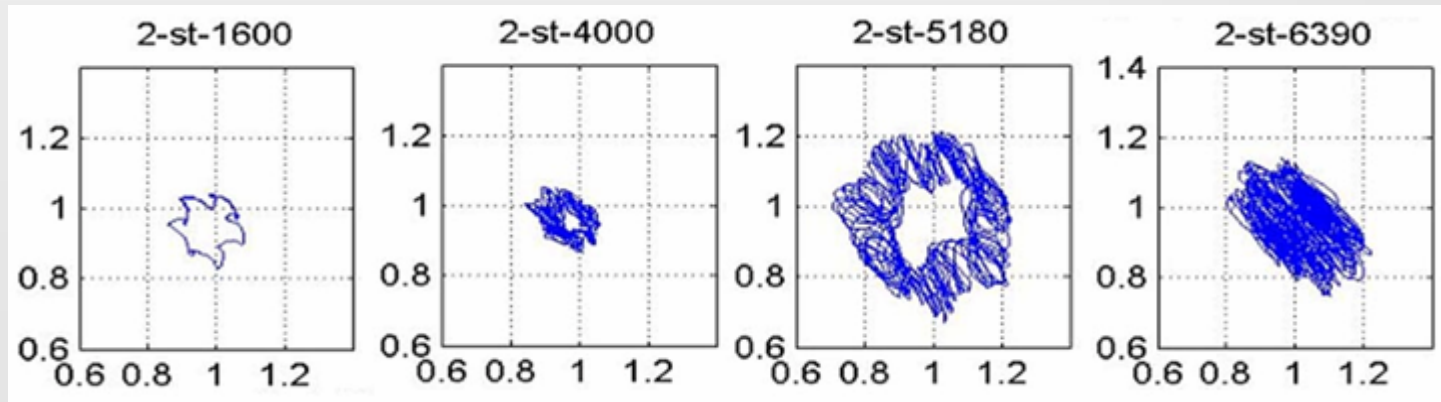
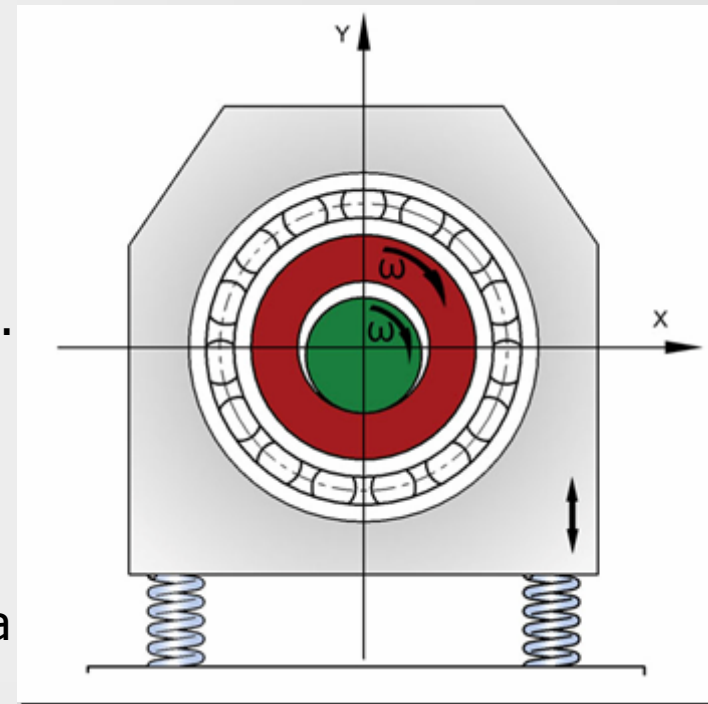


Mapa rozložení intenzity v zadaném pásmu



Příčiny hluku typu drumming/wummern

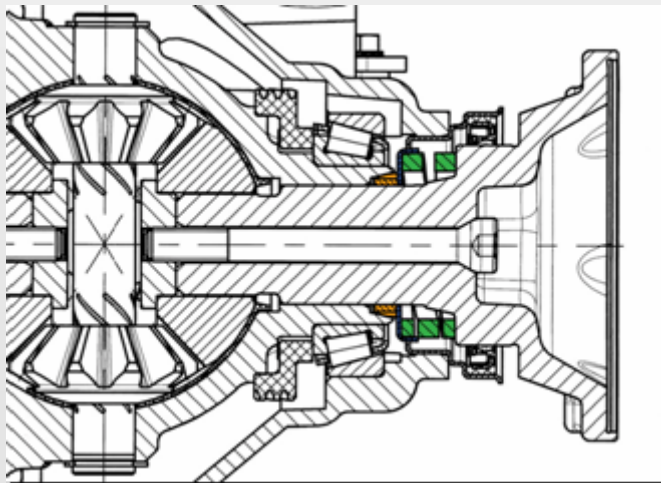
- Diferenciál je hlavním zdrojem tohoto typu hluku.
- Unašeč poloosy je v diferenciálu uložen s nutnou vůlí – vzniká mechanická uvolněnost.
- Hluk vzniká v důsledku vibrací motoru.
- Chaotický pohyb unašeče v uložení vede ke kontaktu třecích ploch a kovovým rázům.
- Připojené komponenty pohonu hluk zesilují a vyzařují.





Vymezení vůle v uložení pomocí pružné vazby

- Poloha osy unašeče vůči ose náboje je ustavena pomocí pružné vazby – zkosený kroužek, přítlačná pružina.
- Pružná vazba zamezuje chaotickému pohybu unašeče.
- Vlastní frekvence pružné vazby koliduje s provozními otáčkami motoru → hluk způsobený rezonancí.





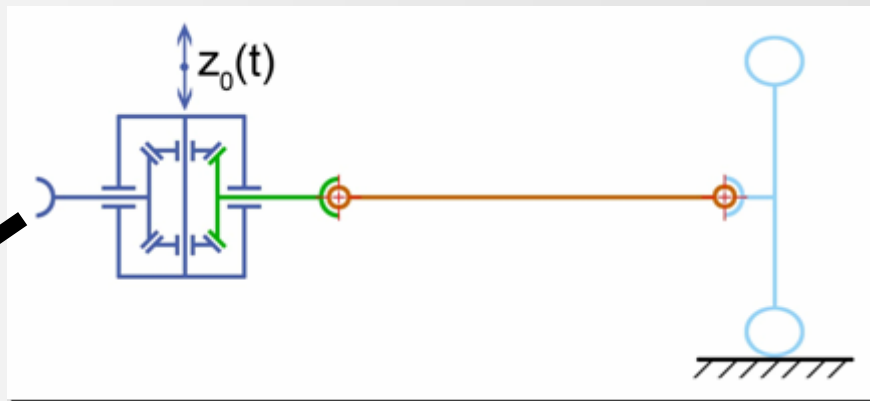
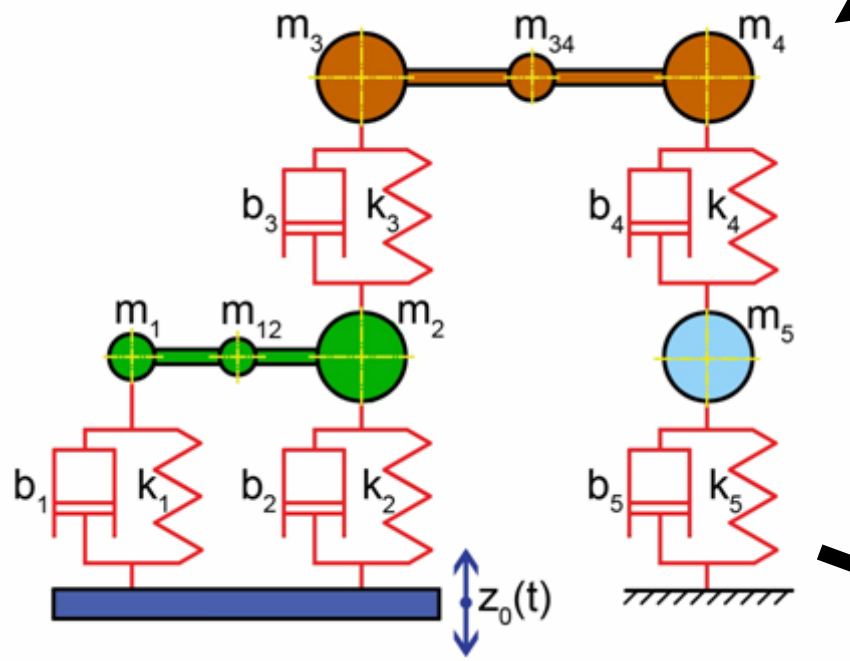
- Sestavení matematického modelu pro simulace jevu.
- Návrh experimentálního zařízení – fyzikálního modelu skupiny.
- Nalezení vhodné tuhosti uložení pomocí matematických simulací.
- Ověření funkčnosti navržené konstrukční úpravy na experimentálním zařízení.
- Formulace obecné metodiky postupu při návrhu obdobných strojních uzlů.



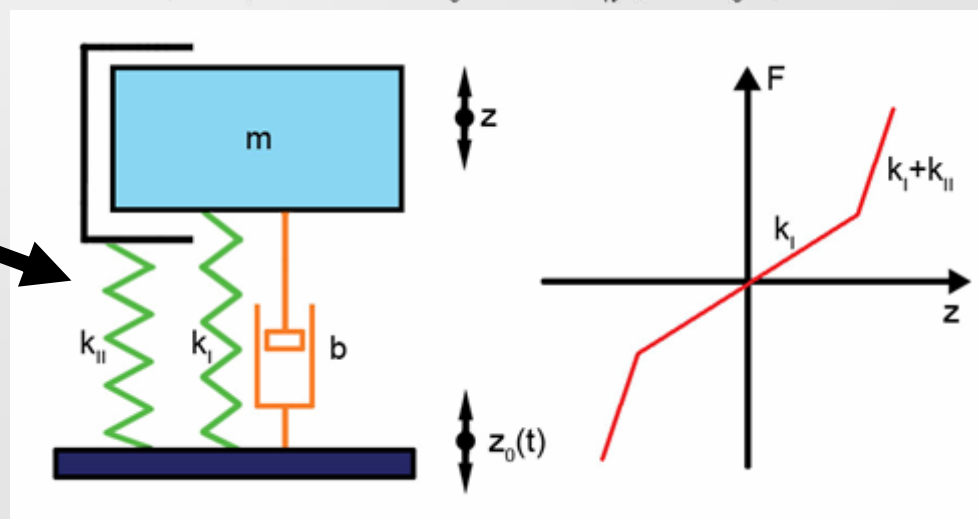
Matematický model uložení

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_K}{\partial \dot{z}_j} \right) - \frac{\partial E_K}{\partial z_j} + \frac{\partial E_D}{\partial \dot{z}_j} + \frac{\partial E_P}{\partial z_j} = 0, \text{ for } j = 1 \dots 5.$$

$$M\ddot{z} + B\dot{z} + Kz = B_0\dot{z}_0(t) + K_0z_0(t)$$

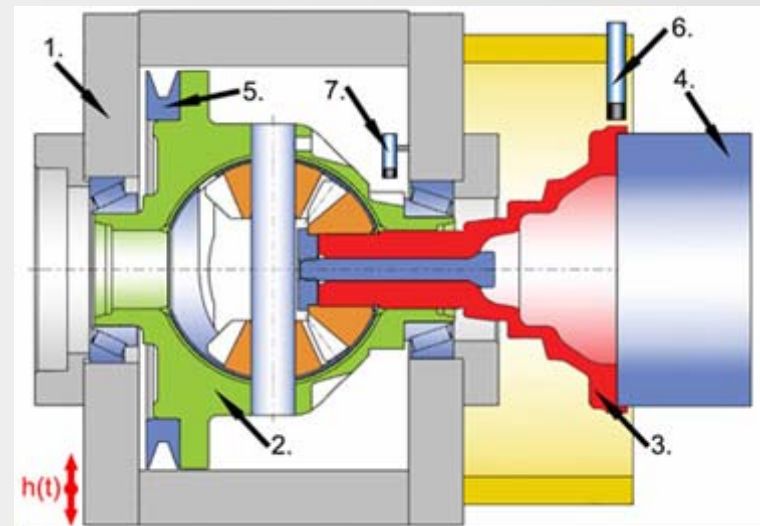
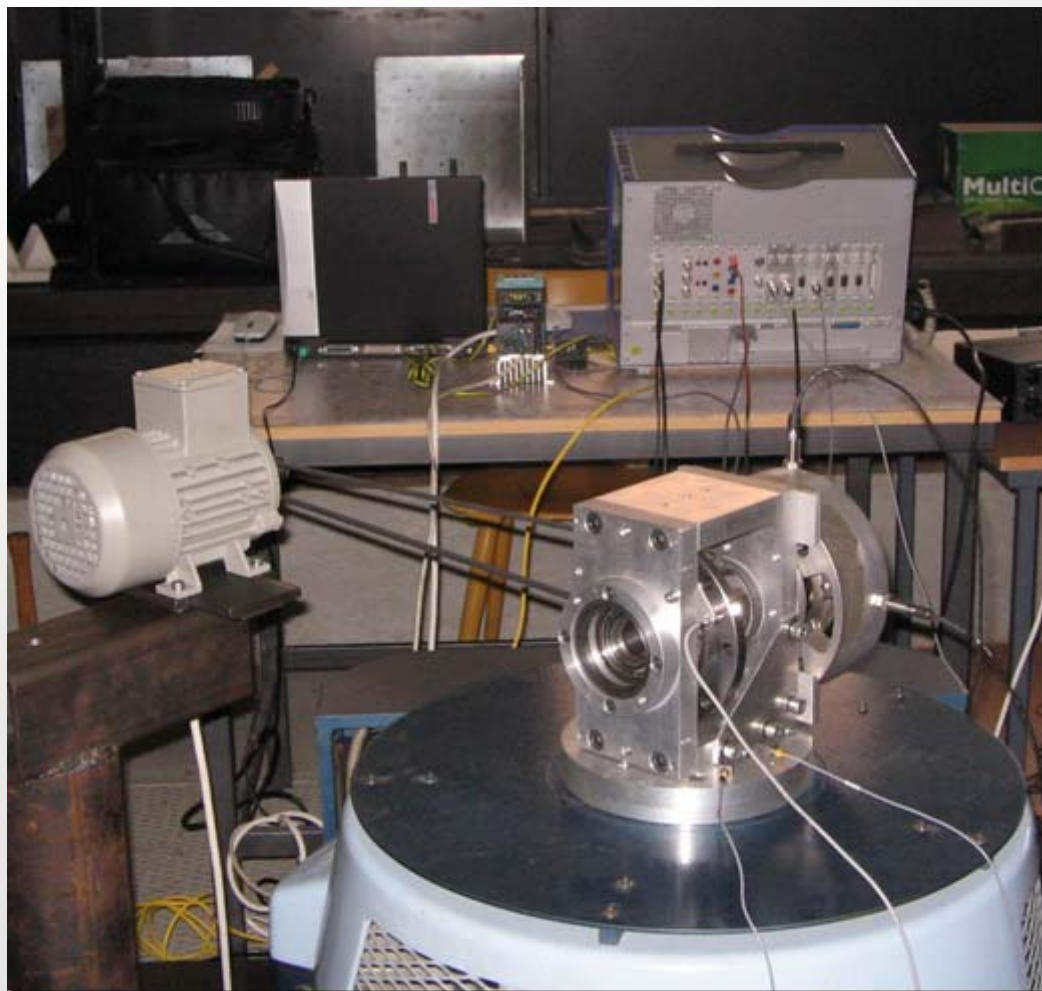


$$m(\ddot{z} + g) + b(\dot{z} - \dot{z}_0(t)) + F_k(z - z_0(t)) = 0$$

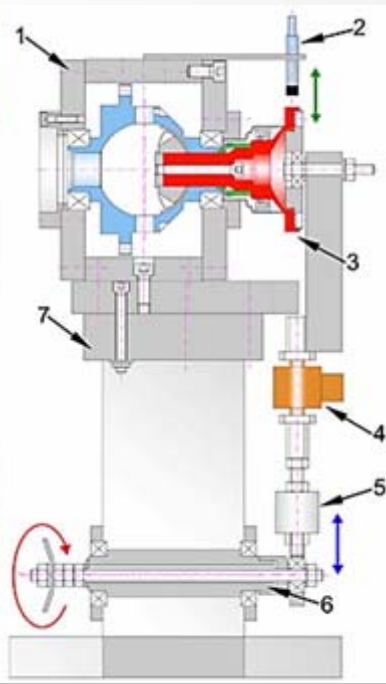




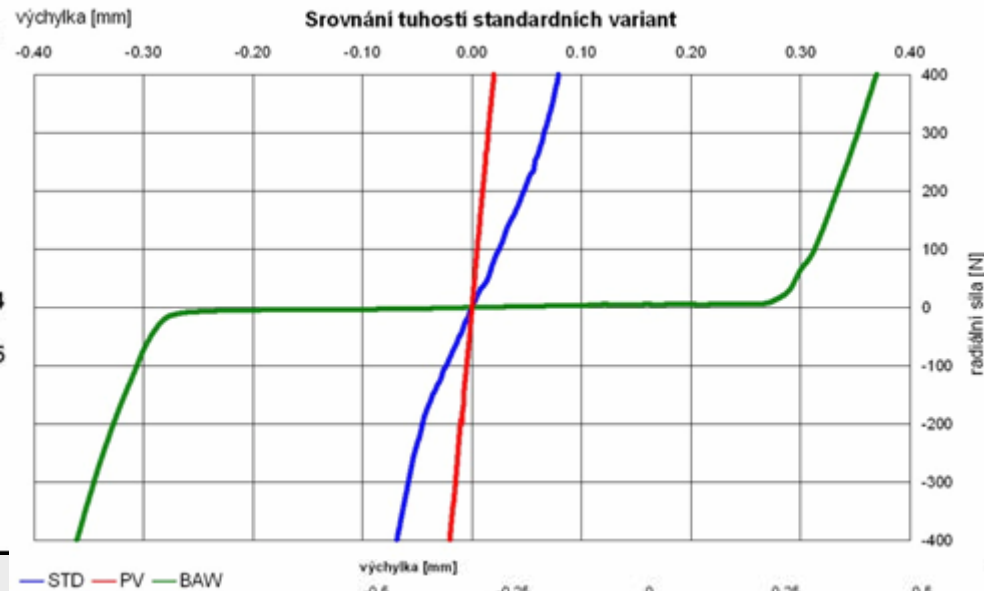
Zkušební stanice s měřicím počítačem



- 1 – experimentální skříň
- 2 – koš diferenciálu
- 3 – unašeč
- 4 – válcová náhradní hmota
- 5 – řemenice
- 6 – indukční snímač posunutí
- 7 – snímač otáček

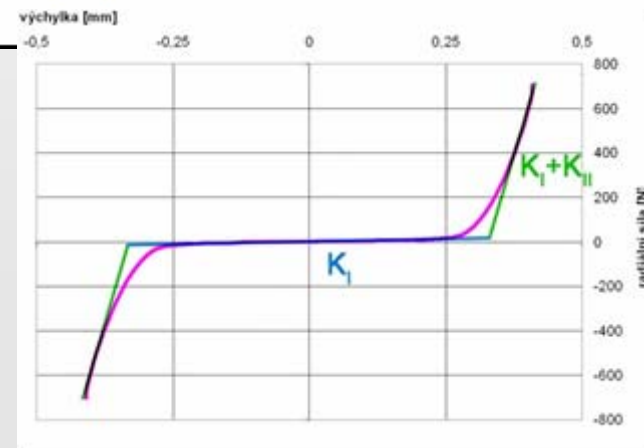


Experimentální měření radiální tuhosti



- 1-skříň
- 2-snímač dráhy
- 3-unašeč
- 4-siloměr
- 5-silentblok
- 6-excentr
- 7-stojan

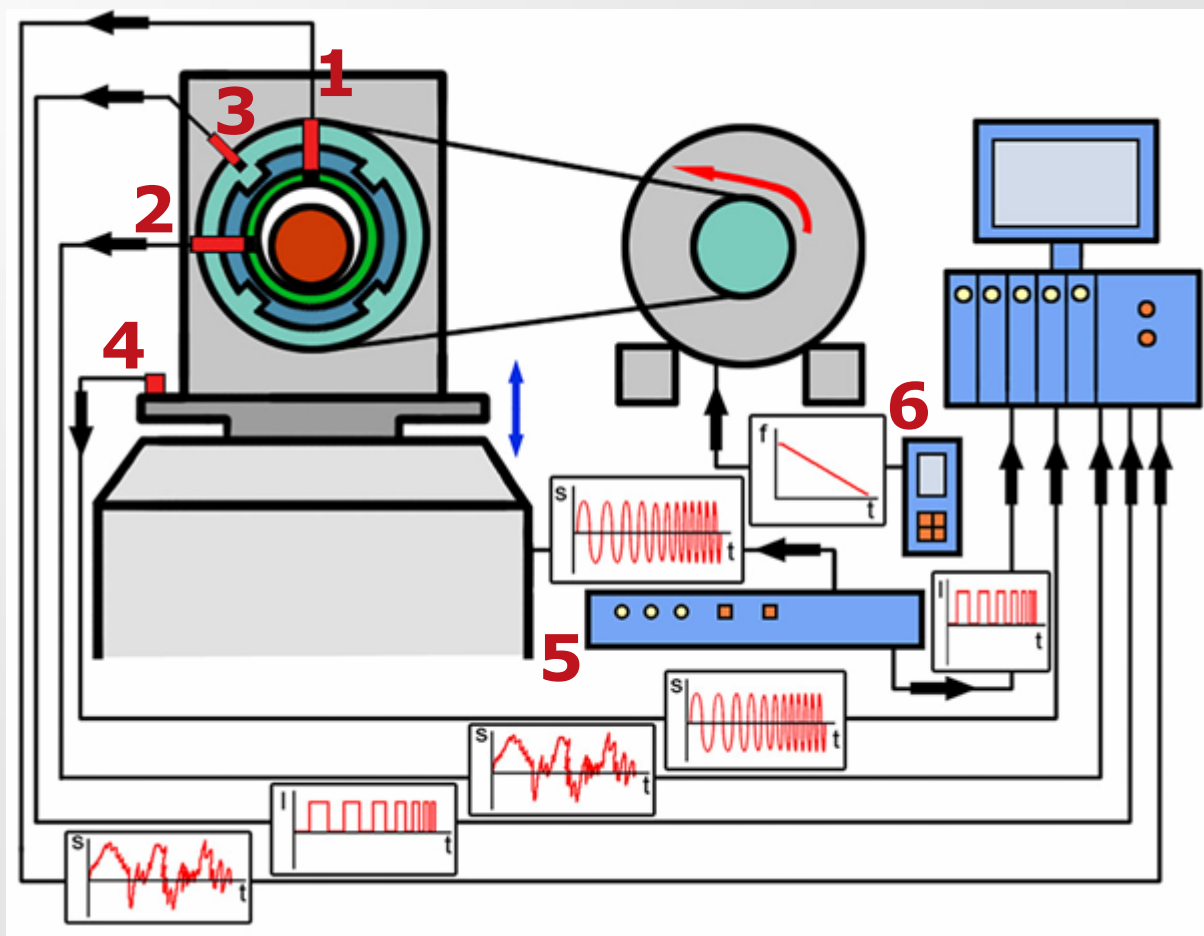
Varianta	Tuhost K_1
BAW	32 N/mm
STD	3900 N/mm
PV	17625 N/mm





Měření v dynamickém režimu

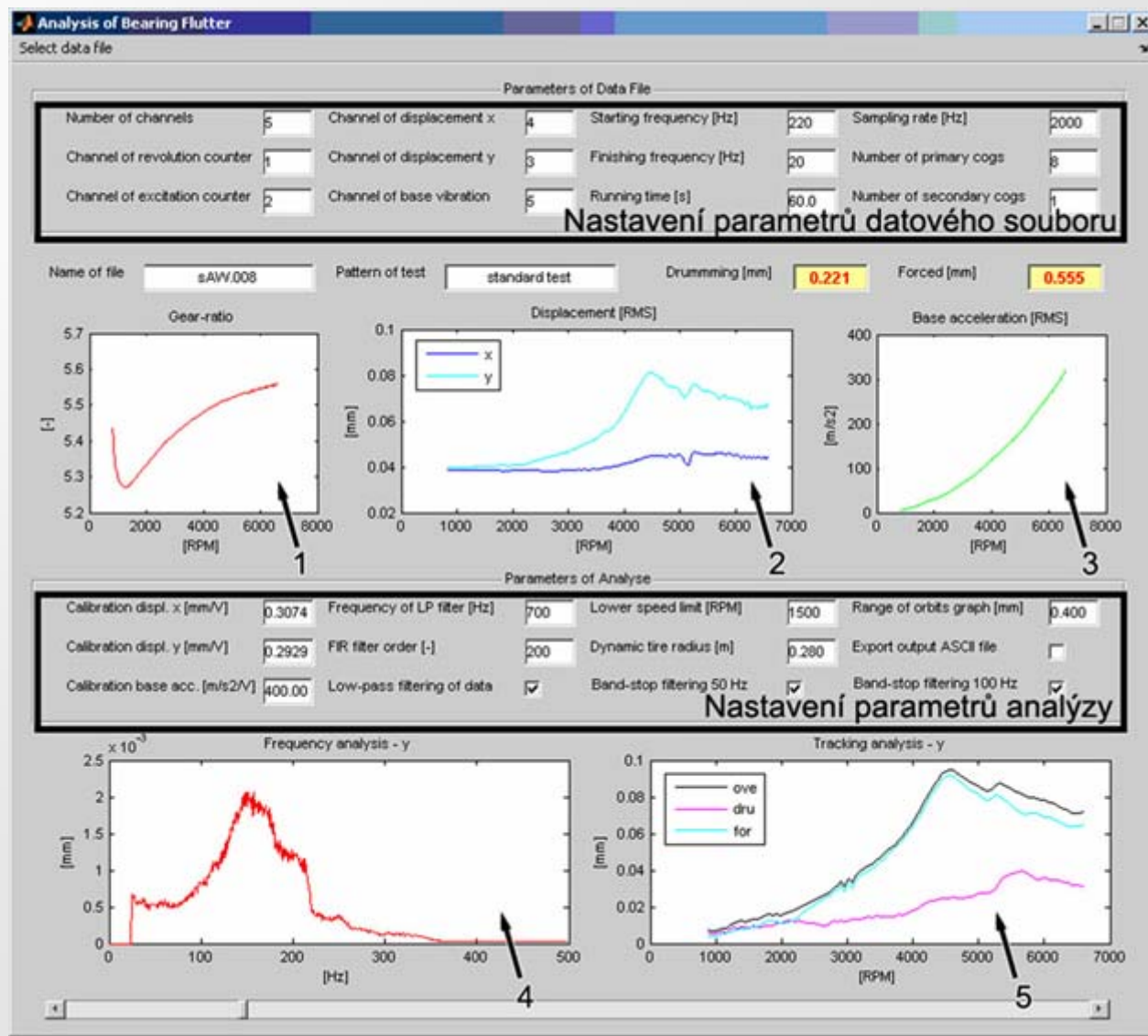
- 1 – snímač posunutí Y
- 2 – snímač posunutí X
- 3 – snímač otáček
- 4 – akcelerometr
- 5 – řídicí jednotka
- 6 – frekvenční měnič





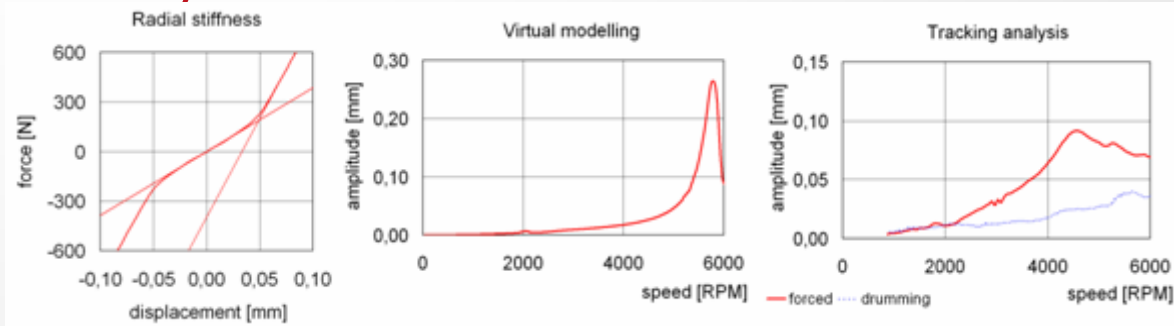
Program pro analýzu změřených dat

- 1 – charakteristika virtuálního převodu
- 2 – průběh efektivní hodnoty kmitání v ose X a Y
- 3 – průběh zrychlení základny
- 4 – průměrné frekvenční spektrum
- 5 – souběhová filtrace

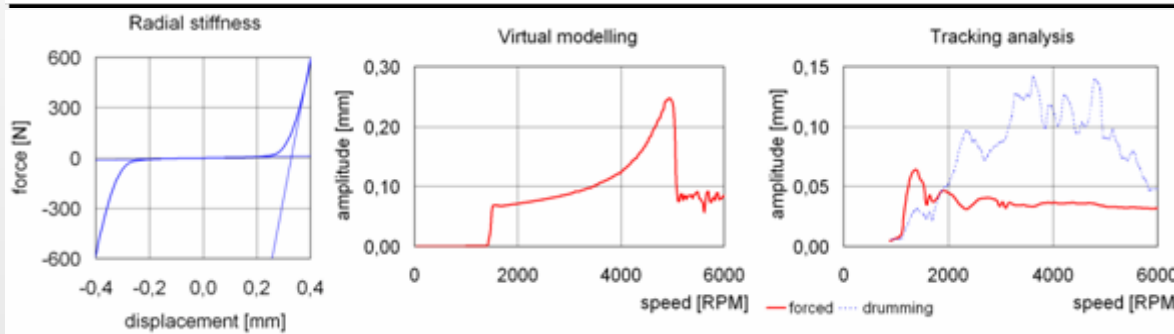




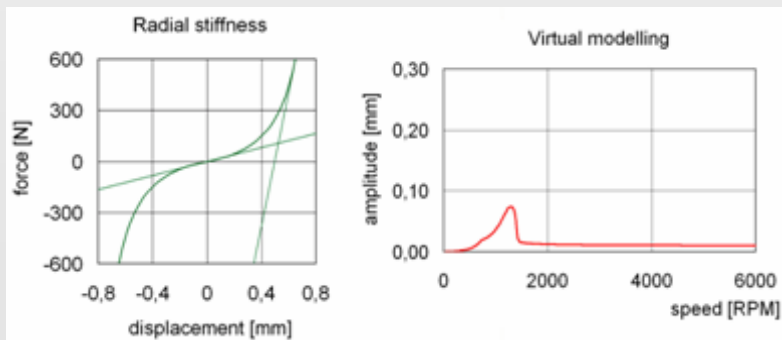
Ověření matematického modelu a výběr intervalu vhodných zástavbových tuhostí uložení



Varianta s pružnou vazbou;
 $k_I = 3900 \text{ N/mm}$



Varianta bez pružné vazby;
 $k_I = 50 \text{ N/mm}$



Odezva virtuálního modelu při výběru radiální tuhosti intervalu 150 až 400 N/mm (205 N/mm)

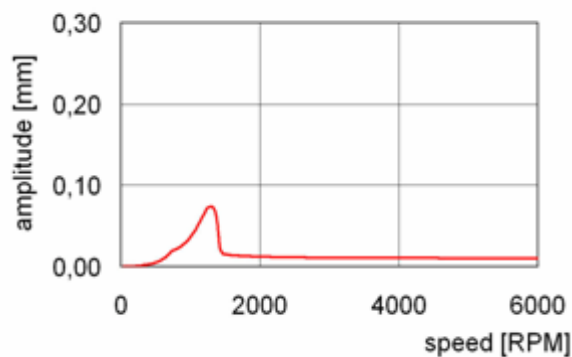


Navržená konstrukční úprava uložení

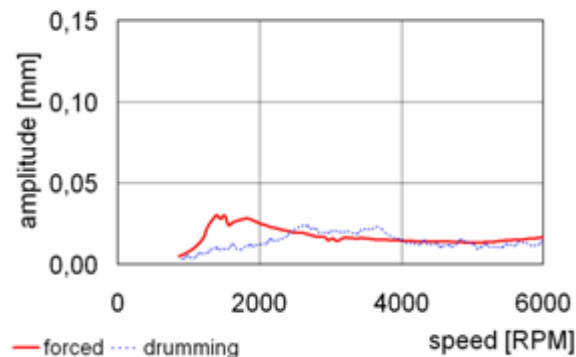
- Radiální tuhost uložení 205 N/mm



Virtual modelling

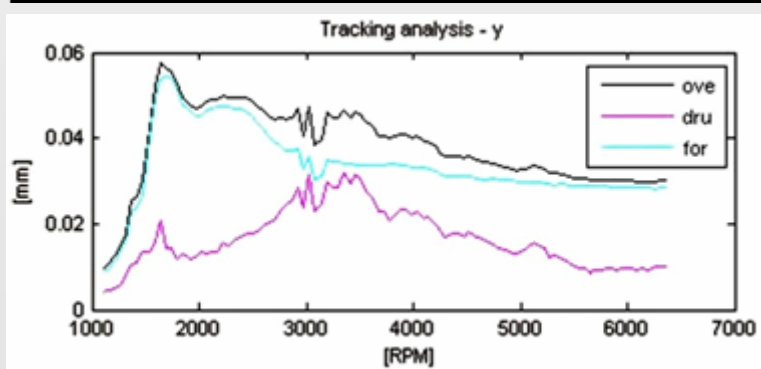
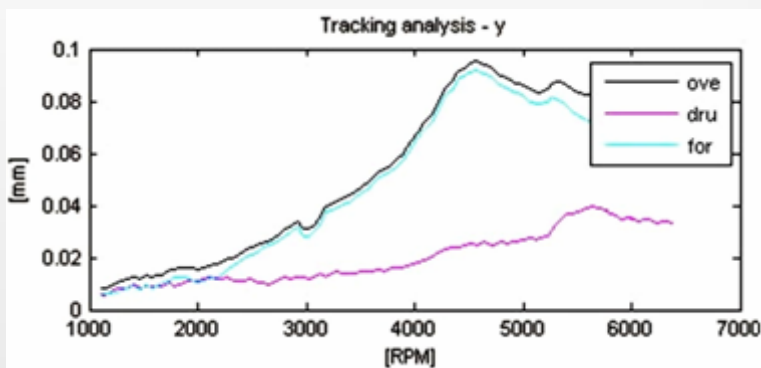
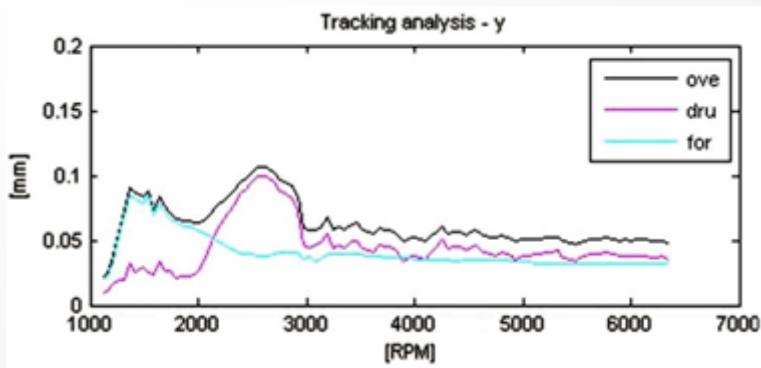


Tracking analysis





Analýza souběžové filtrace a výkonové sumace

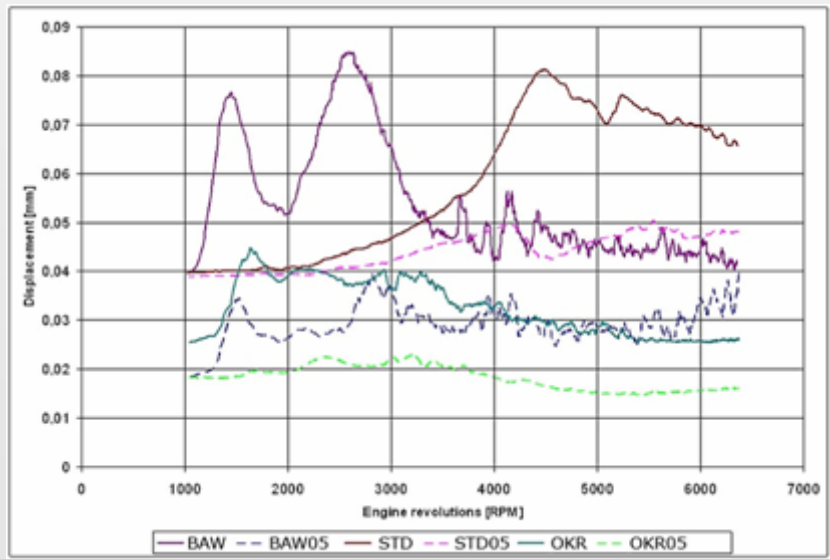
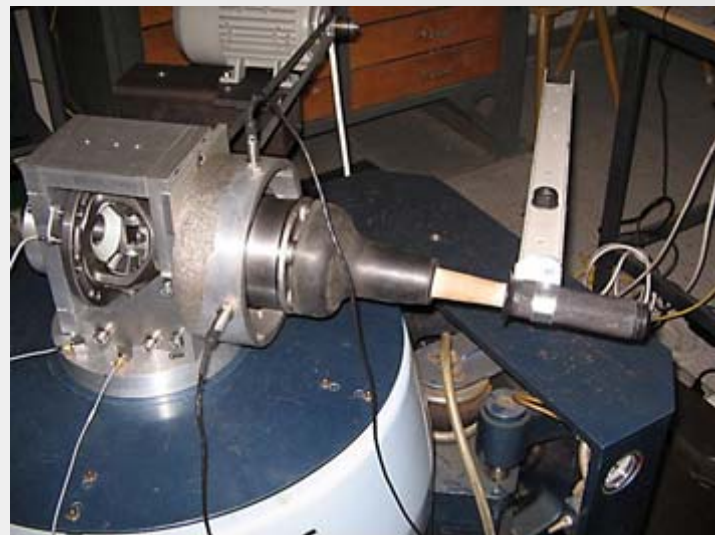


Konstrukce uložení	Typ testu	Drumming [mm]	Forced [mm]
Bez pružné vazby	dojezdový	0.86	0.32
S pružnou vazbou	dojezdový	0.22	0.56
Úprava s O kroužky	dojezdový	0.35	0.28



Hodnocení vlivu různých provozních faktorů na chod uložení

Sledovaný faktor	Vliv na chování
Konstrukční provedení	Velmi výrazný
Amplituda buzení	Velmi výrazný
Nevývaha	Nevýrazný
Vymezení axiální vůle	Znatelný
Změna váhy náhradní hmoty	Znatelný
Změna viskozity maziva	Nevýrazný





Metodika pro návrh kluzných uložení s mechanickou uvolněností

- Matematický simulační model
- Stanovení vstupních parametrů pro modelování
- Stanovení rozsahu vhodných zástavbových tuhostí
- Návrh konstrukční úpravy uložení
- Experimentální ověření dosažené tuhosti uložení

Analýza vibračního chování uložení, rozměrová analýza, važení, změření radiální tuhosti - stanovení vstupních parametrů pro simulaci.

Sestavení matematického modelu, simulace provozních stavů, odhad intervalu vhodných zástavbových tuhostí uložení.

Návrh a realizace konstrukční úpravy uložení, ověření radiální tuhosti uložení po úpravě, experiment za provozu uložení.



- Realizace zjednodušeného matematického modelu uložení.
- Návrh a konstrukce experimentálního zařízení pro dynamickou simulaci provozních podmínek diferenciálu.
- Vývoj analytického programu pro zpracování změřených dat.
- Návrh, konstrukce a experimentální ověření konstrukční úpravy uložení unašeče v diferenciálu Škoda Fabia.
- Formulace obecné metodiky pro řešení problematiky návrhu kluzných uložení s mechanickou uvolněností.





Děkuji za pozornost

