



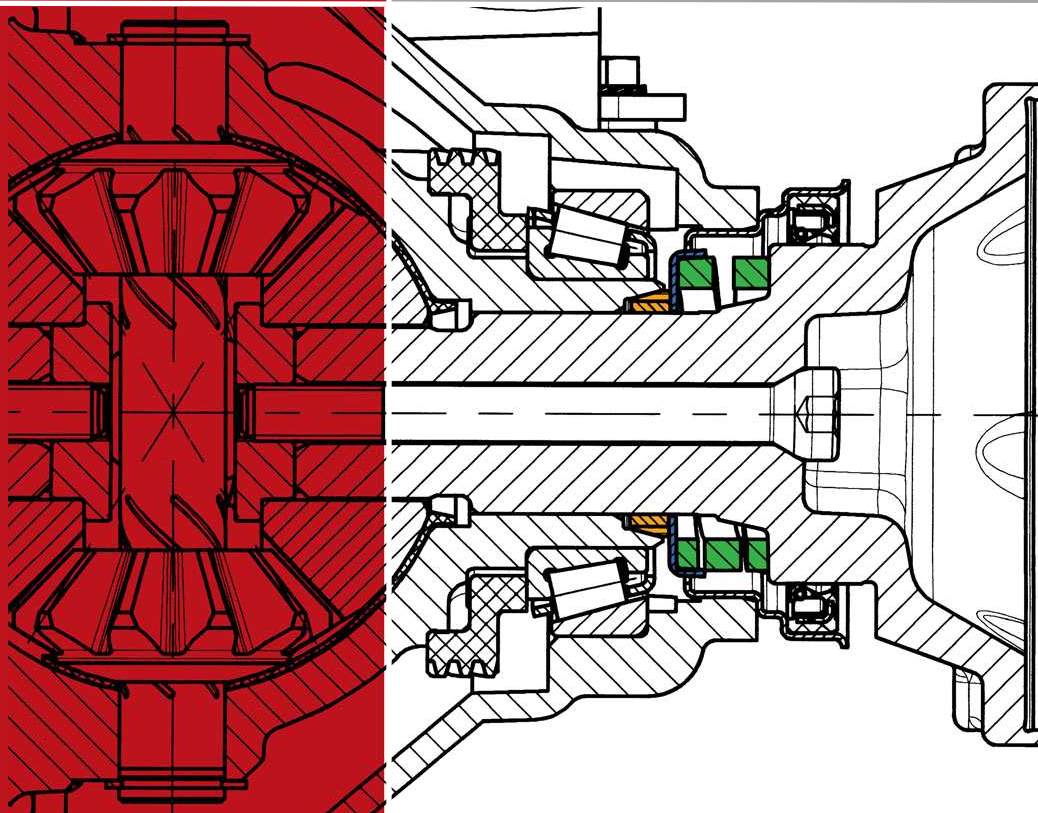
# Snižování hlukové emise moderní automobilové převodovky



Prezentace: Pojednání ke státní doktorské zkoušce



Ing. Milan Klapka





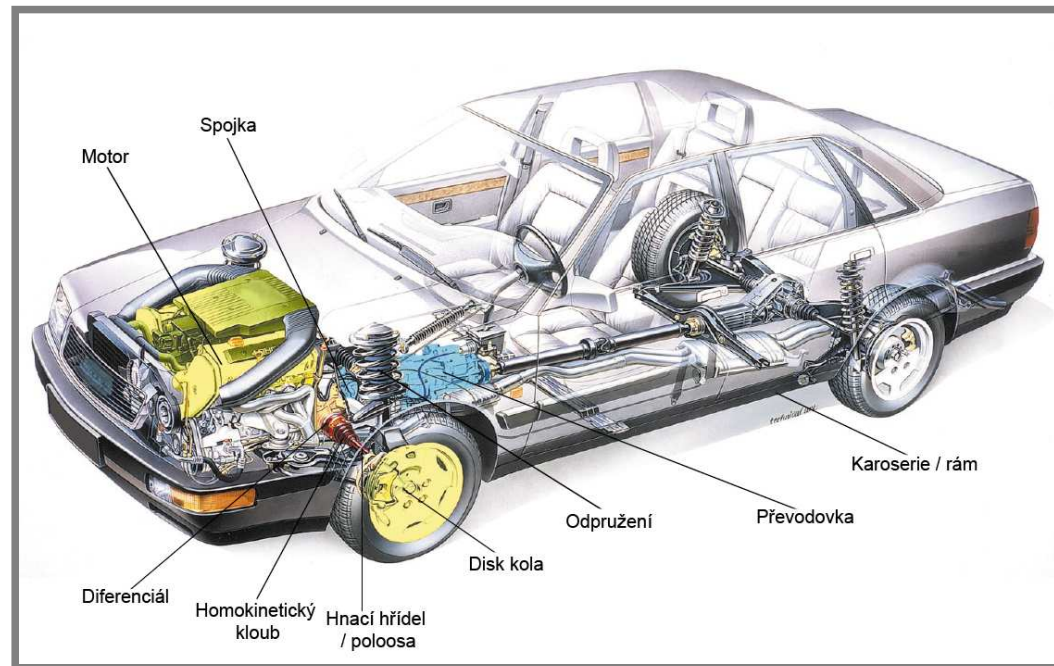
- Úvod do problematiky
- Shrnutí a analýza současného stavu poznání
- Definice cílů disertační práce
- Současný stav řešení disertační práce
- Závěr
- Zdroje

## Zdroje hluku v automobilu

Nejvýznamnější zdroje hluku v automobilu jsou především součásti hnacího agregátu, které jsou ovlivněny jeho vibracemi.

## Hluky způsobené vibracemi

- CHATTER; RASSELN – torzní kmitání hřídelí
- CLONK – vysokofrekvenční kmitání
- DRONING; DRÖHNEN, HUMMING; BRUMMEN.
- GROWL, DRUMMING; WUMMERN – vzniká při kombinovaném torzním a ohybovém kmitání

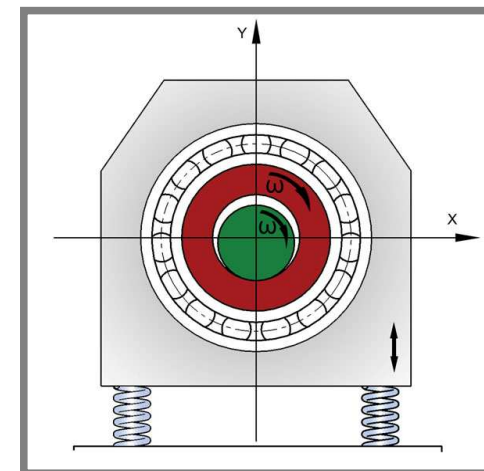


Obr. 1 Možné zdroje nepříjemného hluku v automobilu [1]

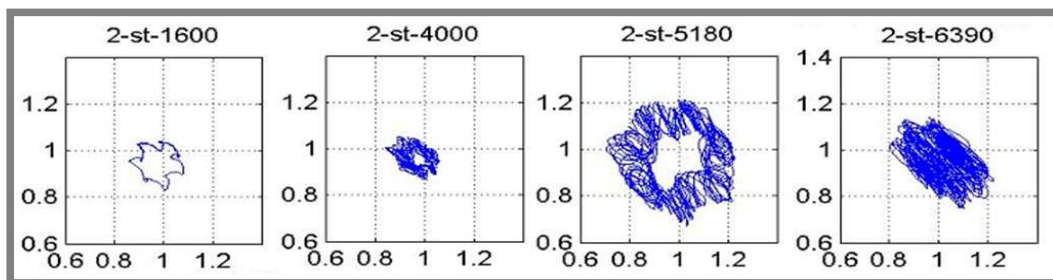


## Zdroj a příčiny hluku typu Drumming (Wummern)

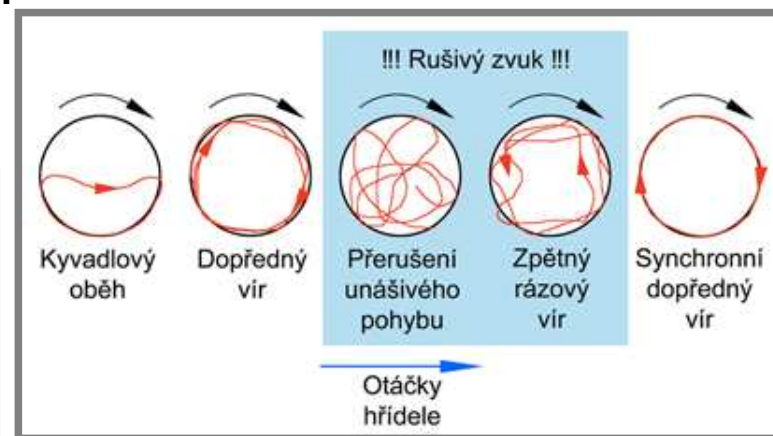
- Jako zdroj dunivých hluků byl lokalizován diferenciál napojený na pohonný agregát.
- Hluky jsou způsobeny především vibracemi motoru.
- V diferenciálu může při chaotickém pohybu hřídele dojít ke kontaktu třecích ploch - rázům.
- Rázy se přenáší na připojené komponenty.



Obr. 2 Schematický řez kluzným uložením v diferenciálu



Obr. 4 Průběh výchylky unašeče při různých provozních otáčkách, druhý řazený stupeň (Škoda auto)



Obr. 3 Znázornění pohybu těžiště hřídele [1]



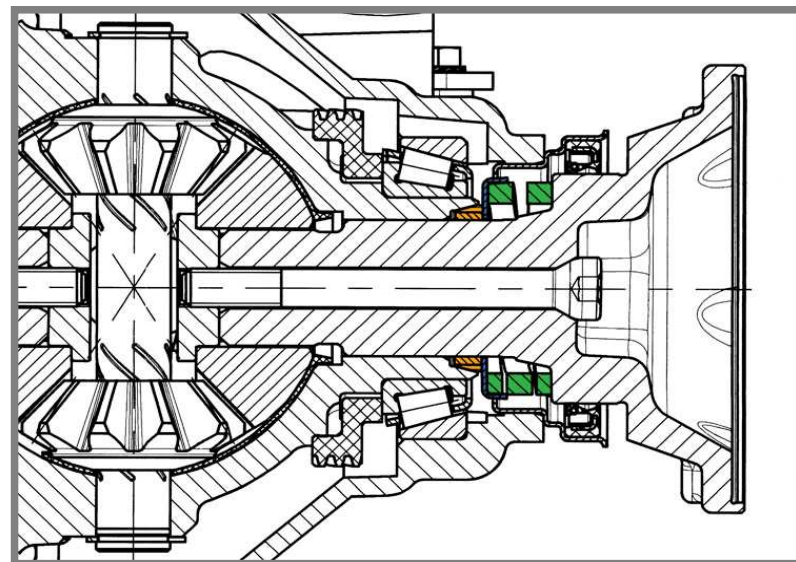
Výrobci automobilů problém částečně řeší nepřímými opatřeními na přenosových cestách, které vedou ke snížení, utlumení nebo změně kmitočtové skladby produkované hlukové emise.

- Snížení radiálních vůlí na minimum spolu s prodloužením letmého ložiska (toto řešení je náročné prostorově, na přesnost výroby, na tribologii uzlu).
- „Aretace“ osy vnitřní hřídele v ose ložiska (při malých relativních otáčkách) pružnou vazbou, která zamezí chaotickému pohybu. Toto může být realizováno buď radiálně pružnými ložisky (kluznými či valivými) pracujícími bez vůle nebo speciálními axiálně pružnými kuželovými komponenty v uložení.
- Dostatečné utlumení nekontrolovaného pohybu vnitřní hřídele buď zvýšeným množstvím vhaněného oleje nebo třecím tlumičem.

## Aretace unašeče pružnou vazbou



**Obr. 6** Sériový unašeč s antiwummern  
– přítlačná pružina, třecí kroužek



**Obr. 5** Řez standardním uložením s antiwummern

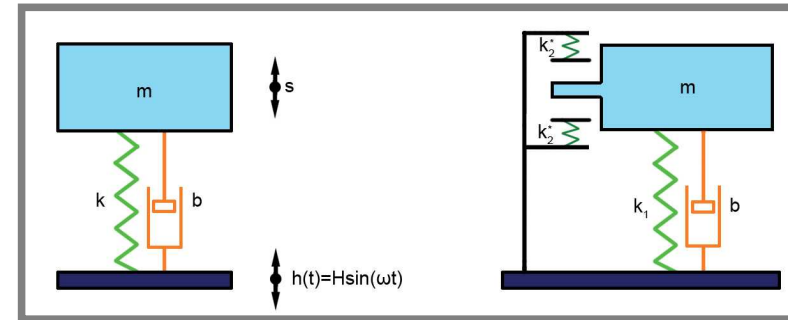
- Osa unašeče je aretována vůči ose uložení pomocí přítlačné pružiny a bronzového třecího kuželového kroužku.
- Aretací osy unašeče je sice zabráněno rázům způsobeným nestabilitou unašeče v uložení, do systému je však zavedena pružina, která má na vibrace systému kritický vliv.
- Tuhost pružiny, potažmo celého uzlu, je nevhodně naladěna vzhledem k provozním otáčkám motoru. Za jízdy dochází k nárůstu vibrací uzlu a opět ke zvýšeným projevům hluku.

### Matematický model

Je poměrně obtížné a často i nemožné změřit charakteristiky všech parametrů, které vstupují do komplexních modelů.

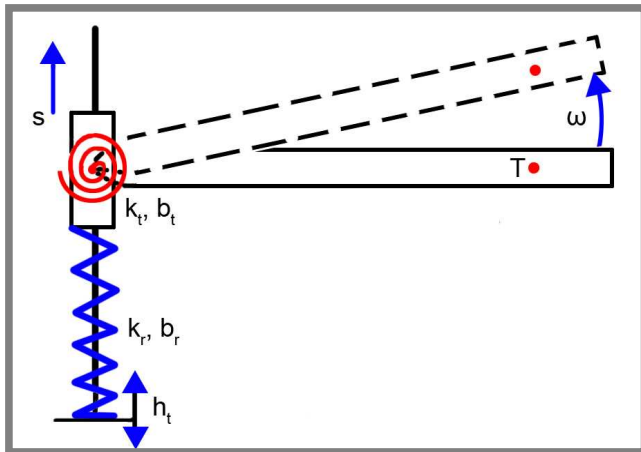
Množství parametrů je nelineárních, což celou situaci ještě více komplikuje.

Zjednodušení modelu na jednohmotový model s omezovačem vůle a na model dvouhmotový s torzní a radiální pružinou.



Obr. 7 Grafické schéma modelů s jedním stupněm volnosti

$$m \cdot a + F_k \cdot s = h(t) \cdot F_k$$



Obr. 8 Grafické schéma dvoustupňového modelu

Modely byly funkční především v oblasti lineárně zadávaných parametrů.

Nový simulační model by měl být schopen reflektovat všechny očekávané konstrukční vlastnosti sledovaného uzlu (vůle v uložení, nelinearity pružných elementů a ložisek, vliv smykové tření, viskozita oleje atd.)

$$m \cdot a + b_r \cdot v + b_t \cdot \omega + k_r \cdot s + k_t \cdot \varphi = m \cdot g + k_r \cdot h(t)$$

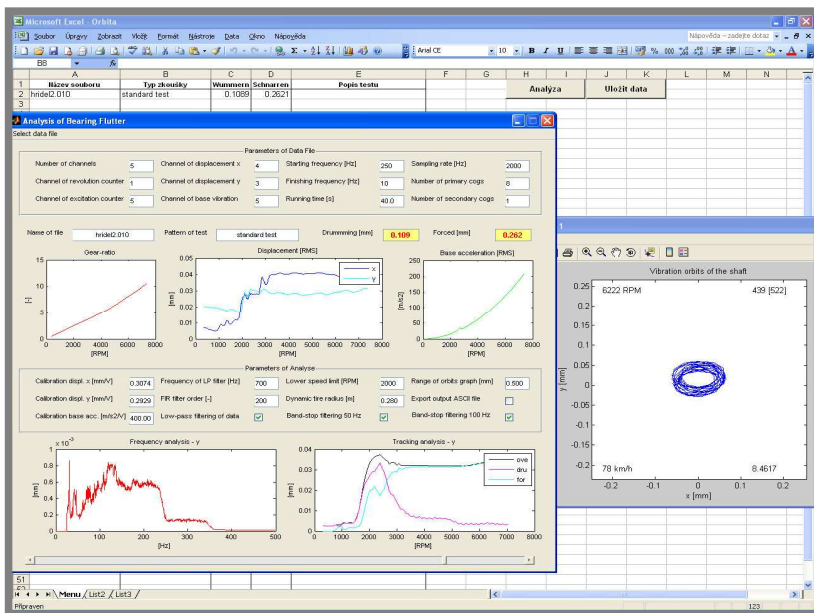
$$I \cdot \alpha + b_r \cdot v + b_t \cdot \omega + k_r \cdot s \cdot r_o + k_t \cdot \varphi = m \cdot g \cdot r_o + k_t \cdot h(t)$$



Jako hlavní záměr disertační práce jeví sestavení účinné metodiky pro hodnocení možných hlukových projevů vybrané či navrhované konstrukční varianty kluzného uložení unašeče v diferenciálu.

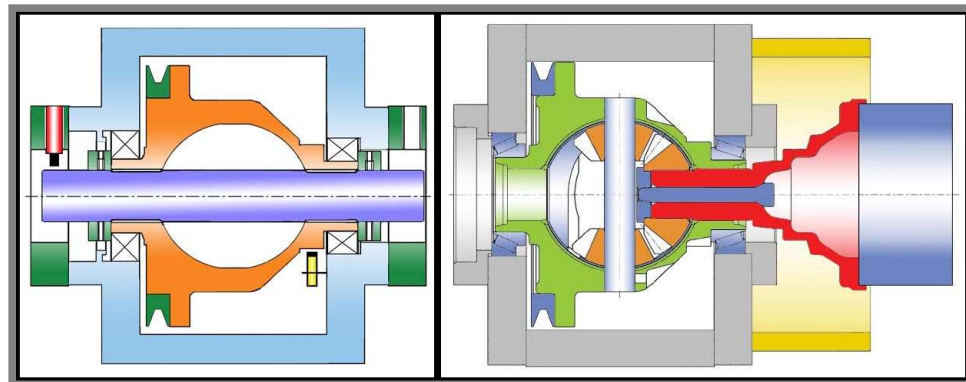
### Cíle práce:

- Sestavení funkčního simulačního matematického modelu.
- Formulace vhodné zkušební metodiky pro ověření vytipovaných parametrů uložení, analýza a posouzení jejich vlivu na hlukovou emisi uzlu.
- Nalezení hodnotícího kritéria pro stanovení charakteru a významnosti hlukové emise uzlu.
- Ověření matematického modelu experimenty.
- Porovnání výsledků nově vytvořeného matematického modelu s předchozími variantami modelů uložení.
- Návrh a realizace konstrukční úpravy uzlu ke snížené hlučnosti.
- Popis metodiky pro podporu návrhu obdobných uzlů z hlediska jejich hlučnosti.

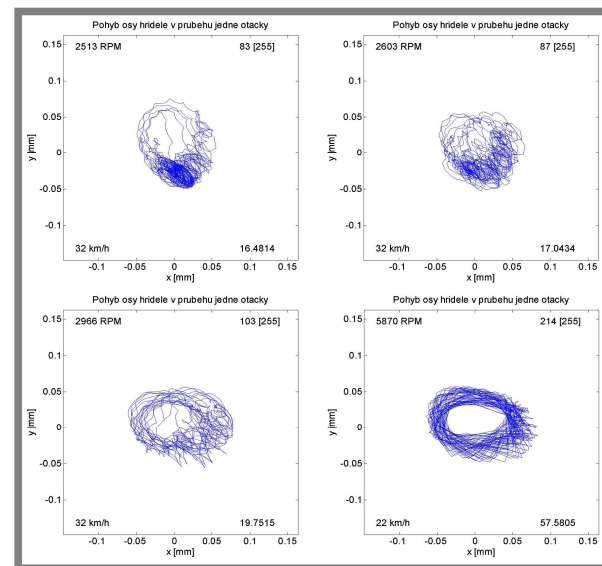


**Obr. 9** Ukázka programu orbit – uživatelské rozhraní analytického modulu

- Byl vytvořen fyzikální model stanice.
- Byla provedena experimentální měření pro ověření správné funkce fyzikálního modelu.
- Byl vytvořen analytický software pro práci s velkým množstvím změřených dat.
- Software je přizpůsoben specifickým požadavkům prováděných experimentů.



**Obr. 10** Řez experimentální skříní ve variantě s průběžnou hřídelí a variantě s unašečem



**Obr. 11** Záznam pohybu výstupní hřídele s externími vibracemi – vůle 0.1 mm, rychlost unašeče 30 km/h



Cílem práce je shrnutí dosavadních poznatků získaných spoluprací s automobilkou Škoda, z měření provedených v předchozích letech v našich laboratořích a dostupné literatury. Na základě analýzy zjištěných informací jsou vytipovány důležité parametry u kterých je předpoklad největšího vlivu na správný provoz kluzného uložení.

V práci je dále naznačena metodika postupu řešení daného problému pomocí experimentálních měření a matematického modelování.

V současném stádiu řešení lze říci, že je k dispozici ověřený fyzikální model a lze tedy provést experimentální měření



- [1] Polygon Bearings - Reducing Resonant Vibration in Automotive Differentials. Automotive Product Information API 11. Herzogenaurach: INA Wälzlager Schaeffler oHG, July 2000, 27 p. Sach-Nr. 005-349-591/API 11 US-D 07001.



Děkuji za pozornost