

WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

Vedoucí konsorcia podílející se na pracovním balíčku

Vysoké učení technické v Brně – Prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.

Tým – doc. Ing. Pavel Novotný, Ph.D., Ing. Pavel Kučera, Ing. Michal Janoušek

Členové konsorcia podílející se na pracovním balíčku

TATRA TRUCKS a.s. – Ing. Radomír Smolka

ŠKODA AUTO a.s. – Ing. Jan Pavlíček

České vysoké učení technické v Praze - Ing. Radek Tichánek, Ph.D.

Hlavní cíl balíčku

Výzkum a vývoj metod řešení mechanických problémů hnacích traktů osobních a nákladních vozidel. Výsledky virtuálních prototypů a technických experimentů budou aplikovány při vývoji pohonných jednotek osobních a nákladních automobilů s cílem redukce mechanického namáhání a vibrací se záměrem zkrácení času mezi výzkumem koncepce a aplikací inovovaného výrobku na trhu.

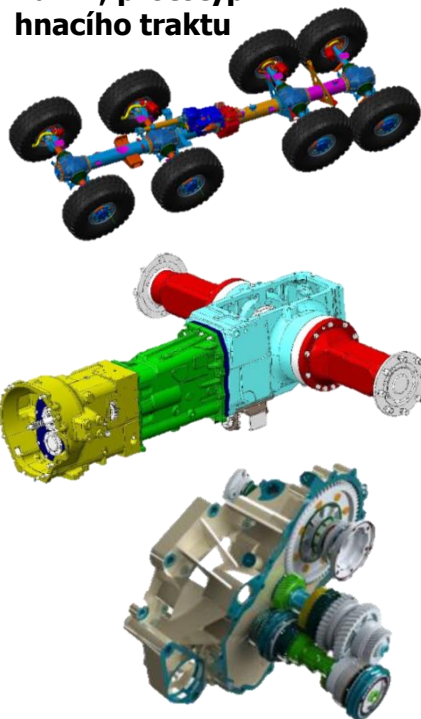
Dílčí cíle balíčku pro nejbližší období

Soubor výsledků výpočtového řešení dynamiky pohonné jednotky do 12/2014. Soubor výsledků experimentálního ověření dynamiky pohonné jednotky do 12/2014.

WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

▪ Základní přístup k řešení problematiky vibrací a pevnosti (VUT v Brně)

Počáteční konstrukční návrh, prototyp hnacího traktu

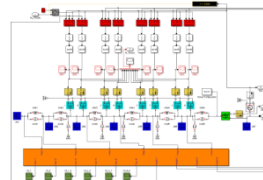


Problematika vibrací, hluku a pevnosti



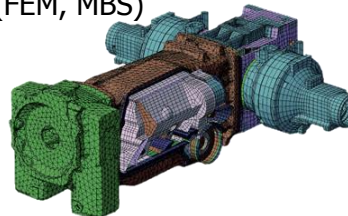
Virtuální hnací trakt

Vibrace (Simulink, Real time simulace)



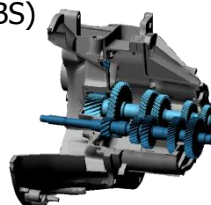
Virtuální hnací trakt

Vibrace, hluk, pevnost (FEM, MBS)



Virtuální pohonná jednotka

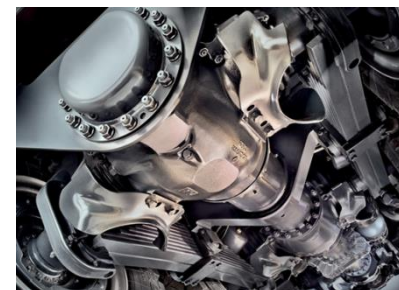
Vibrace, hluk, pevnost (FEM, MBS)



Ověření navržených řešení



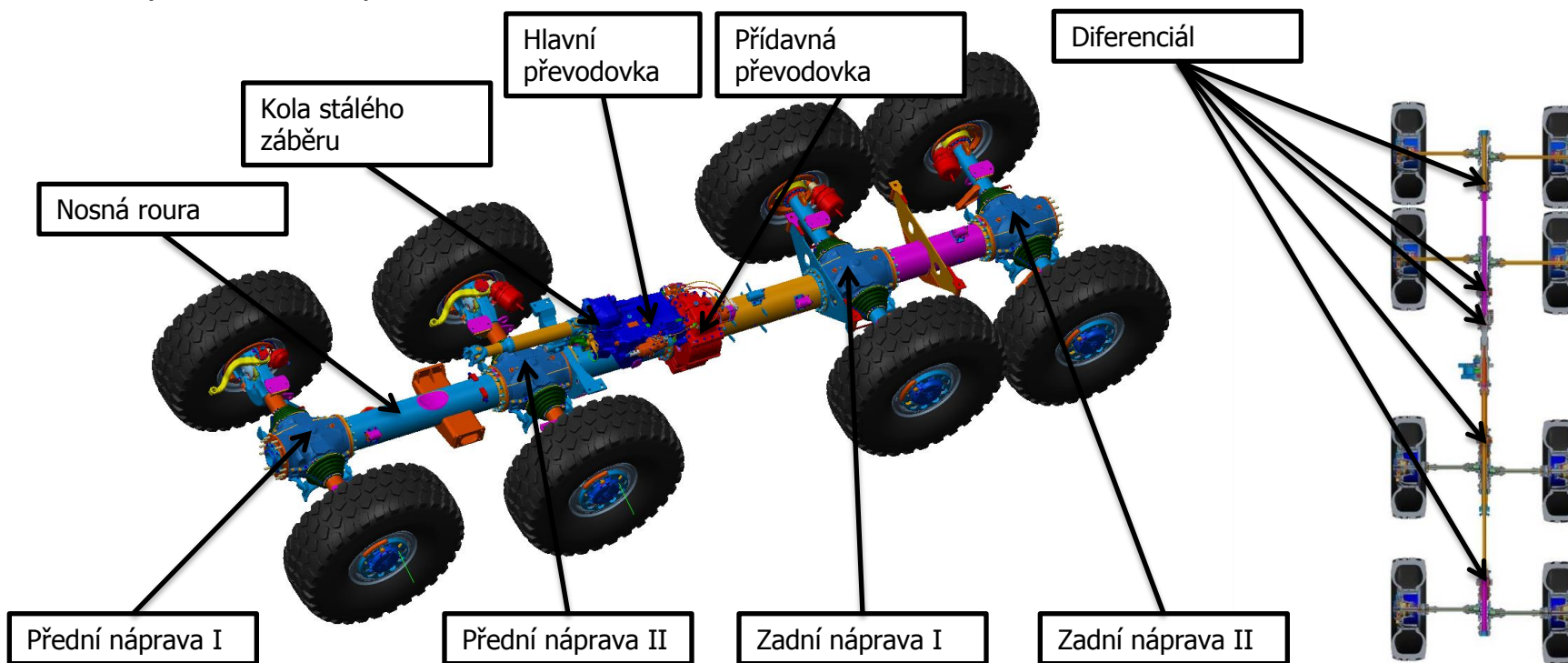
Prototyp hnacího traktu ve vozidle



WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

▪ Hnací trakt TATRA 8x8 (VUT v Brně, TATRA TRUCKS a.s.)

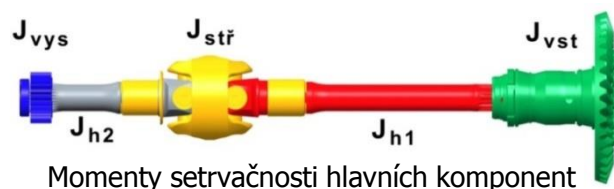
- Analýza vibrací na podvozku 232R80-440
- Analýza vibrací na podvozku 790R99



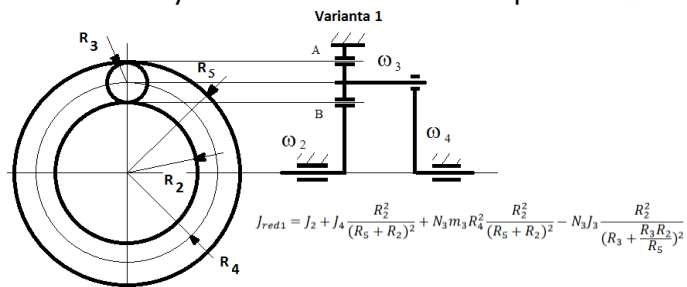
WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

▪ Sestavení diskrétního modelu hnacího traktu (VUT v Brně, TATRA TRUCKS a.s.)

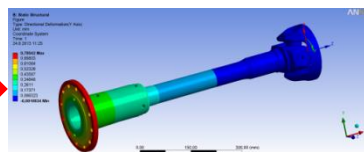
- Výpočet momentů setrvačnosti (3D model) pro podvozek 790R99
- Výpočet tuhostí hlavních hřídelí



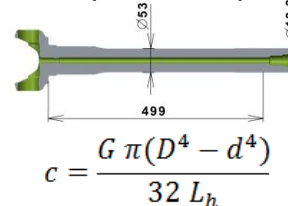
Momenty setrvačnosti hlavních komponent



MKP



Analytické vztahy



Torzní model

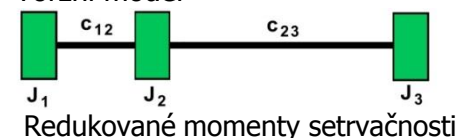
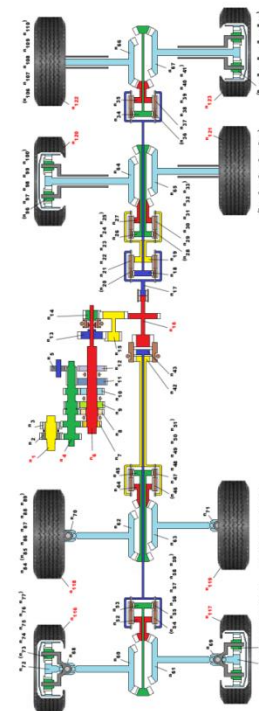


Schéma podvozku



- Analýza dynamiky vozidla, jízdní odpory
- Tvorba výpočtového modelu hnacího traktu TATRA 8x8 (Matlab/Simulink)
- Návrh vhodných technických experimentů k ověření výpočtových modelů

WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

▪ Výpočtová modální analýza (VUT v Brně, TATRA TRUCKS a.s.)

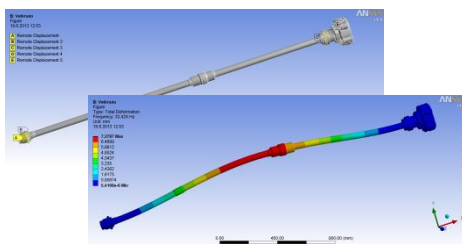
– MATLAB (SIMULINK)

- Výpočet vlastních frekvencí
- Získání vlastního tvaru kmitání

– Krouživé kmitání – kritické otáčky

- Analytický výpočet (koordinace **WP01**)
- Numerický výpočet (ANSYS)

MKP



Ω_i

**Porovnání
obou metod**

Analytické vztahy

Kloubové uložení

$$\alpha_i = i\pi$$

Jeden konec
vetknut a druhý
kloubově uložení

$$\alpha_i = \frac{4i + 1}{4} \pi$$

Vetknuté uložení

$$\alpha_i = \frac{2i + 1}{2} \pi$$

$$\Omega_i = \left(\frac{\alpha_i}{l}\right)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho S}}$$

WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

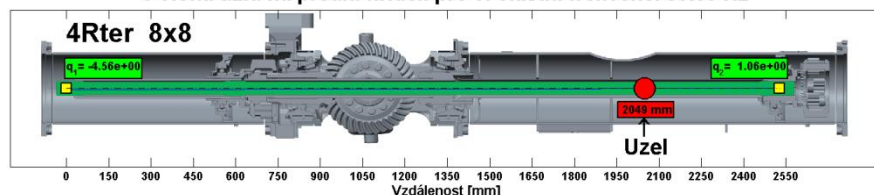
▪ Výpočtová modální analýza (VUT v Brně, TATRA TRUCKS a.s.)

– Torzního kmitání

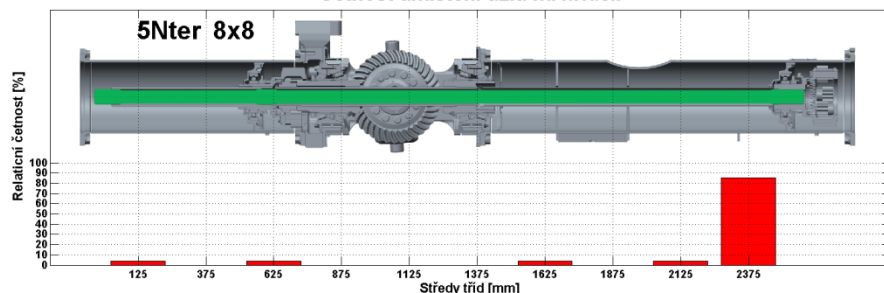
- Torzní modely pro 24 rychlostních stupňů
- 8x8, 8x4, 8x2, užitková hmotnost vozidla
- 8x8 po satelity v reduktorech, 8x8 po disky
- Poloha uzlů a jejich četnost

Návrh místa pro technický experiment

Poloha uzlu na přední hřídeli pro 3. vlastní frekvenci 83.63 Hz

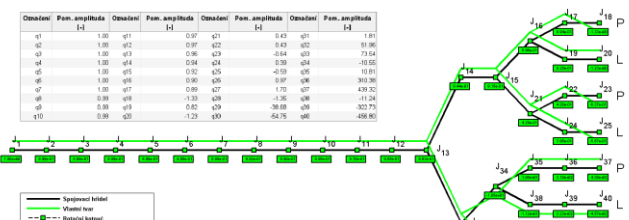


Četnost umístění uzlů na hřídeli



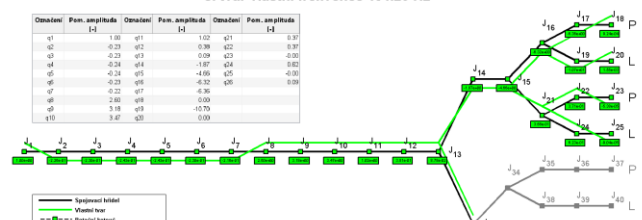
Vlastní tvary kmitu

7. tvar vlastní frekvence 3.50 Hz



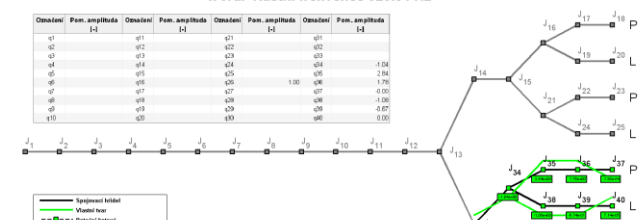
1Nnor 8x8

8. tvar vlastní frekvence 161.25 Hz



1Nnor 8x4

4. tvar vlastní frekvence 320.64 Hz



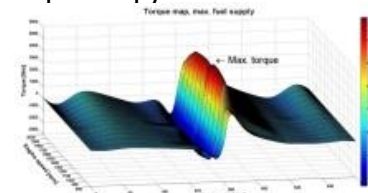
I PN 8x2

WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

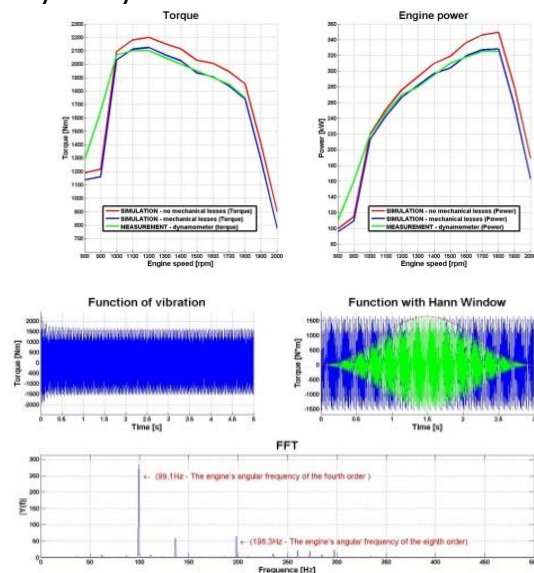
▪ Virtuální hnací trakt vozidla – výpočtový model (VUT v Brně, TATRA TRUCKS a.s.)

- Výpočtový model motoru a spojky
- Výpočtové modely převodovek
- Výpočtové modely nápravových a mezinápravových diferenciálů
- Výpočtové modely náprav, brzd a pneumatik

Vstupní mapy krouticího momentu

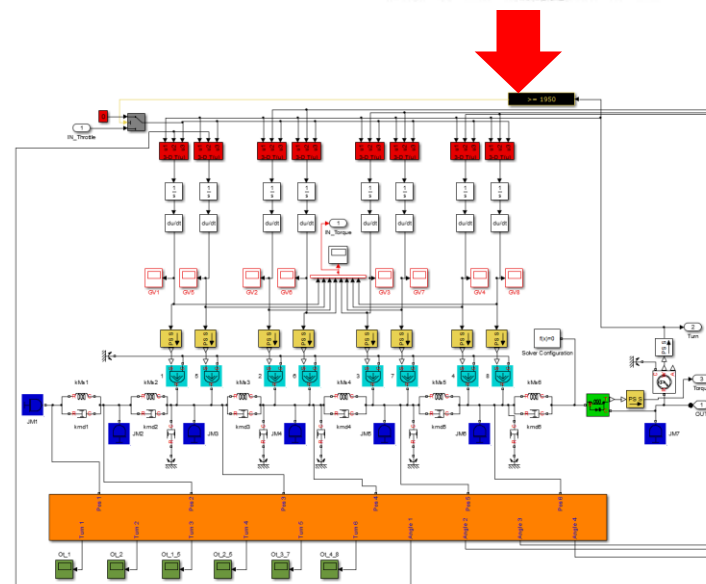


Výsledky virtuálního hnacího traktu



Porovnání otáčkových
charakteristik
naměřených hodnot s
výpočtovým modelem

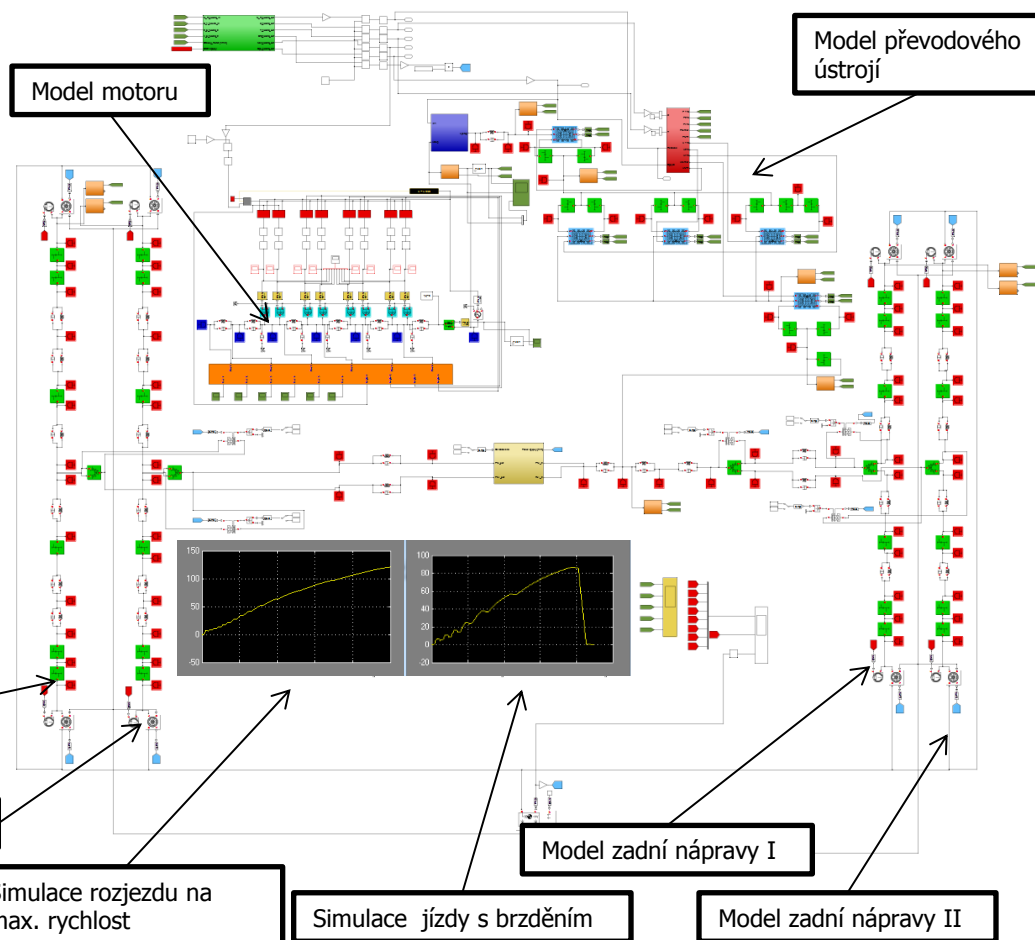
Výstupní krouticí
moment a analýza
kmitání torzního
modelu motoru



WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

▪ Virtuální hnací trakt vozidla – prostředí Simulink (VUT v Brně, TATRA TRUCKS a.s.)

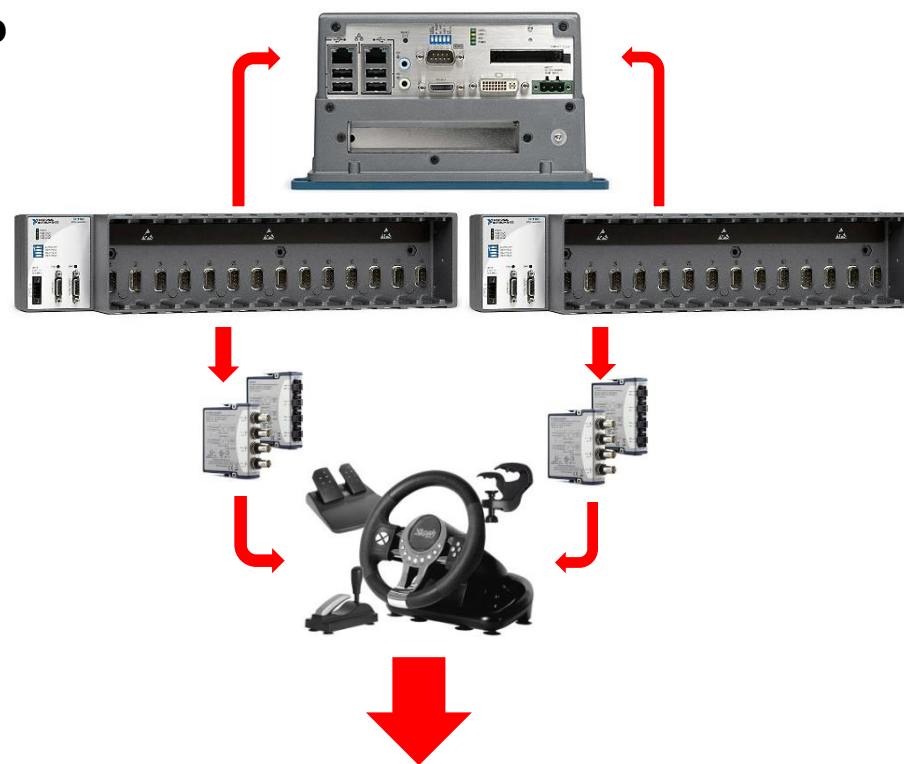
- Ovládání motoru nastavením plynu
- Řazení kol stálého záběru (N – R)
- Řazení hlavních rychlostních stupňů (6. a 7. rychlostní stupeň řazen v přídatné převodovce)
- Ovládání spojky
- Ovládání brzd
- Zapínání diferenciálů
- Spouštění pohonu předních náprav
- Návaznost na „Real-time“ testování



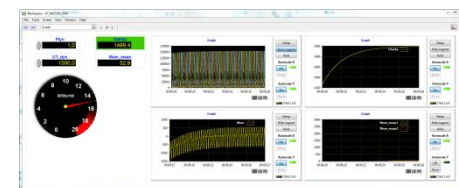
WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

▪ Simulace jízdy užitím virtuálního hnacího traktu (VUT v Brně, TATRA TRUCKS a.s.)

- Simulink
- NI VeriStand
- Hardware
- NI 3110RT (PC procesor Intel Core Duo)
- Nosiče NI 9159 a NI 9157
- CAN PCI 8513, NI 9229, NI 9239, NI 9206 analogové vstupy
- NI 9264, NI 9263 - analogové výstupy, karta se simulací odporů
- NI 9425, NI 9477, NI 9403 - digitální vstupy a výstupy



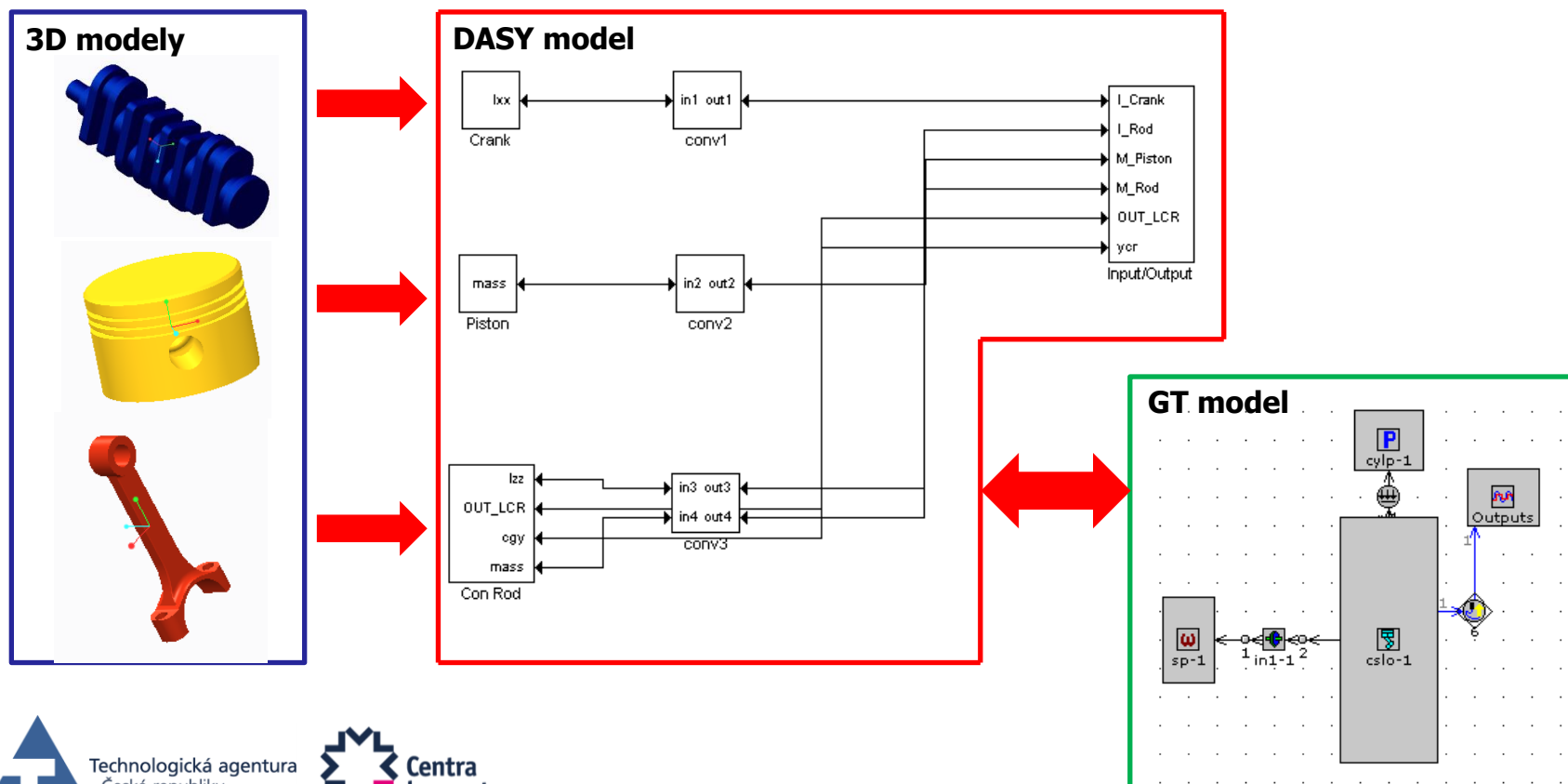
Simulace výpočtového modelu motoru v reálném čase



WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

▪ Model klikového mechanismu v DASY (ČVUT v Praze)

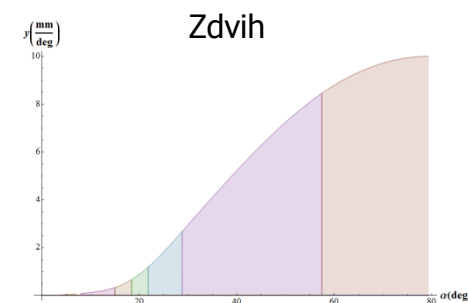
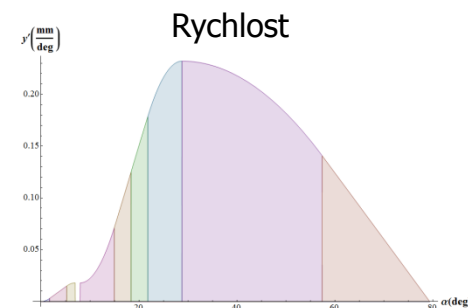
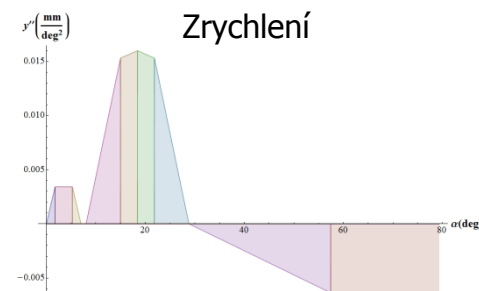
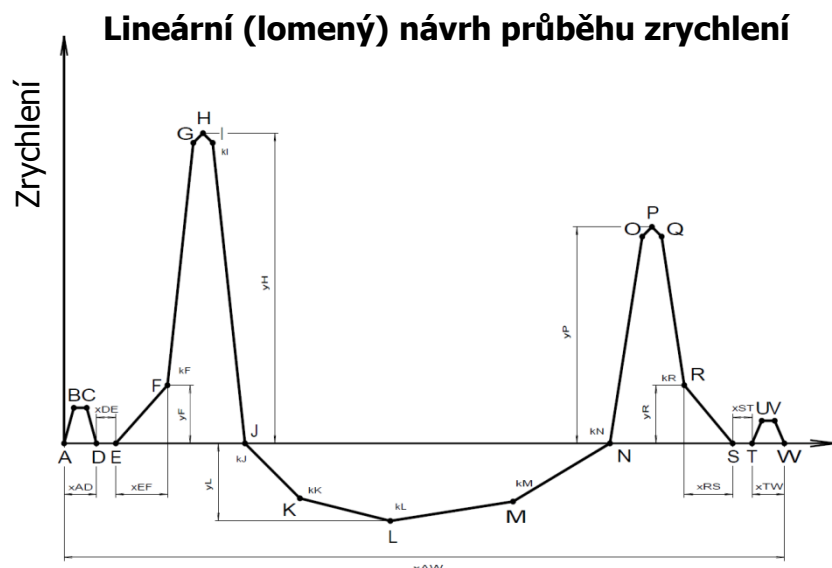
Model klikového mechanismu v DASY



WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

▪ Návrh zdvihové křivky v DASY (ČVUT v Praze)

- Návrh zdvihové křivky ventilu předepsaným průběhem zrychlení
- Metoda vychází z návrhu lineárně se měnícího zrychlení ventilu v úsecích



WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

▪ Hlavní výstupy

- Geometrické modely hnacího traktu nákladního automobilu TATRA 8x8 (TATRA a.s.)
- Výpočtové modely hnacího traktu nákladních automobilu TATRA 8x8 (VUT v Brně)
- Detailní analýzy torzního a krouživého kmitání hnacích traktů (VUT v Brně)
- Simulace jízdy nákladního automobilu TATRA 8x8 (VUT v Brně)
- Návaznost na vývoj mechatronických systémů (VUT v Brně)
- Prvotní přístupy pro řešení problematiky pevnosti a NVH převodovek (VUT v Brně)
- Model klikového mechanismu v DASY (ČVUT v Praze)

WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

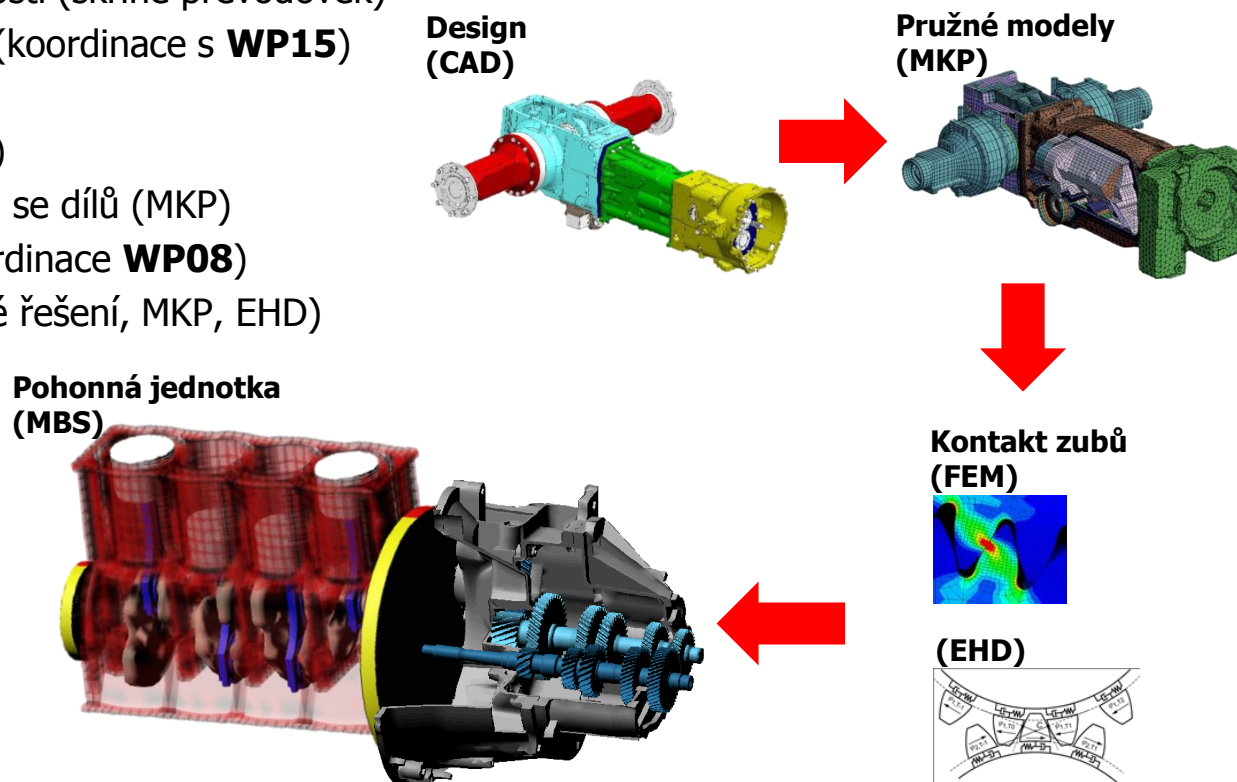
▪ Výstupy

- Publikace: KUČERA, Pavel a Václav PÍŠTĚK. VIRTUAL DIESEL ENGINE IN SIMULINK. PERNER'S CONTACTS [online]. 2013, VIII, č. 2, s. 95-105 [cit. 2013-10-14]. Dostupné z: http://pernerscontacts.upce.cz/30_2013/Kucera.pdf
- Radek Tichánek - Soubor výpočetních metod řešení dynamiky částí pohonné jednotky pro DASY (WP07V002)

WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

▪ Další postup – výpočtové modelování převodovky na bázi MBS: Virtuální převodovka a Virtuální hnací trakt (VUT v Brně, ŠKODA AUTO a.s.)

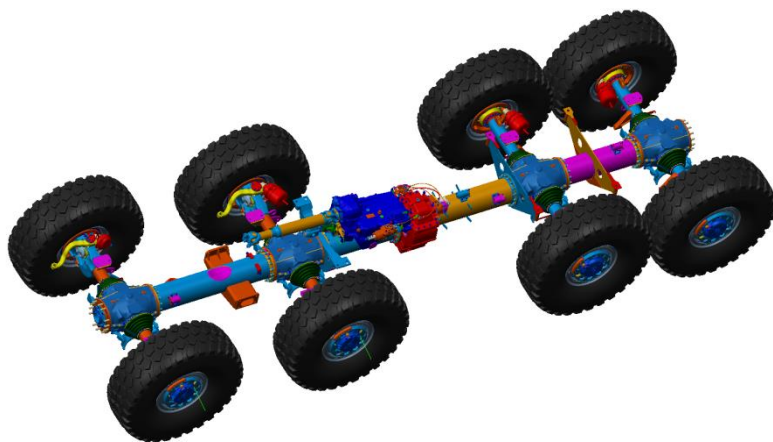
- Řešení problematiky pevnosti (skříně převodovek)
- Řešení problematiky NVH (koordinace s **WP15**)
- Zahrnutí vlivů:
 - Poddajnost skříně (MKP)
 - Poddajnost pohybujících se dílů (MKP)
 - Poddajnost ložisek (koordinace **WP08**)
 - Kontakt zubů (analytické řešení, MKP, EHD)



WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

▪ Další postup – technický experiment a výpočtové modelování s využitím MATLAB/Simulink a HIL (VUT v Brně, TATRA TRUCKS a.s.)

- Příprava technických experimentů na hnacím traktu různých variant vozidla 8x8
- Ověření výpočtových modelů a ladění jejich vstupních parametrů
- Konstrukční úpravy hnacího traktu k zamezení vibrací na vozidle
- Využití výpočtových modelů pro Real-time testování a vývoj mechatronických systémů



WP07: Zlepšení návrhu hnacích traktů vozidel s využitím virtuálního hnacího traktu

Hlavní výstupy

Počáteční konstrukční návrh, prototyp hnacího traktu



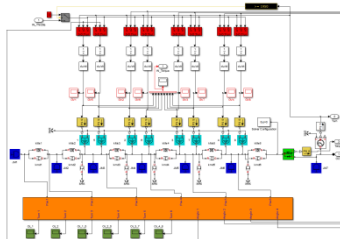
Problematika vibrací, hluku a pevnosti



Virtuální hnací trakt

Vibrace (MATLAB, Simulink, HIL)

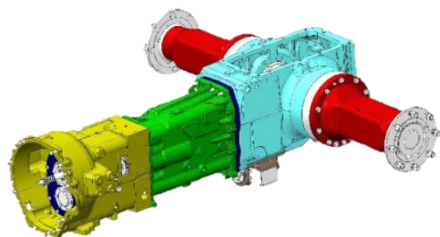
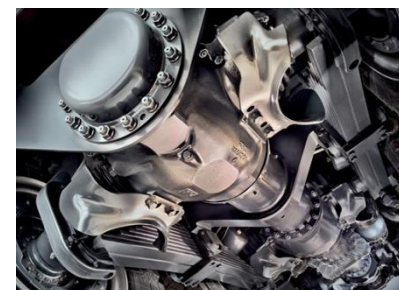
- modální analýzy
- dynamika hnacího traktu
- mechatronika hnacího traktu



Ověření navržených řešení



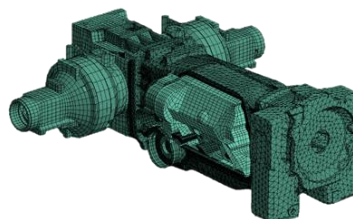
Prototyp hnacího traktu ve vozidle



Virtuální hnací trakt

Vibrace, hluk, pevnost (FEM, MBS)

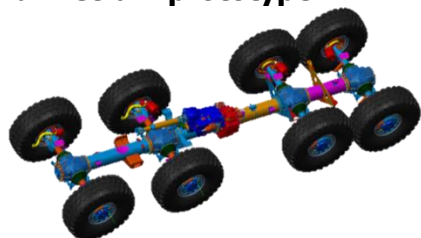
- ustálené nebo přechodové kmitání
- strukturální hluk
- řešení únavového poškození



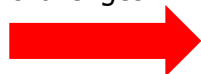
WP07: Improvements of engine design using virtual engine and drivetrain dynamic models

Current Main Results

Initial design, drivetrain prototype



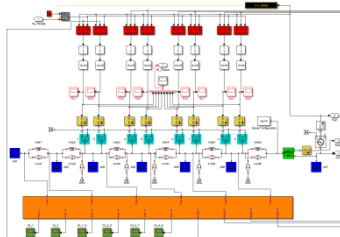
Strength and
NVH
challenges



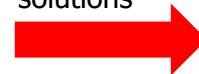
Virtual drivetrain

Vibrations (MATLAB, Simulink, HIL)

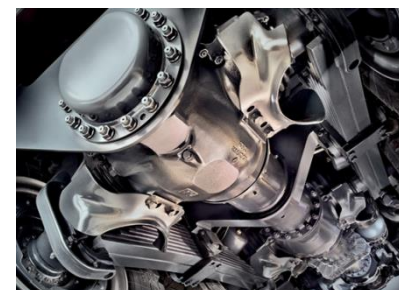
- modal analysis
- drivetrain dynamics
- mechatronics



Verification
of proposed
solutions



Drivetrain prototype in vehicle



Virtual drivetrain

Strength and NVH (FEM, MBS)

- steady state of transient dynamics
- structural bore noise
- fatigue solutions

