



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF SOLID MECHANICS, MECHATRONICS AND BIOMECHANICS

ÚSTAV MECHANIKY TĚLES, MECHATRONIKY A BIOMECHANIKY

OPPR – Průmyslový projekt

Závěrečná zpráva

AUTHOR
AUTOR PRÁCE

Bc. Matěj Volek

BRNO 2018

Obsah

| | |
|---|---|
| Úvod | 3 |
| Popis firmy..... | 3 |
| ZF Friedrichshafen AG | 3 |
| ZF Engineering Plzeň s.r.o. | 4 |
| Moje působení v ZF Engineering Plzeň s.r.o..... | 5 |
| Vstup do firmy | 5 |
| Působení v FEM výpočtech..... | 5 |
| Působení v MBS výpočtech | 6 |
| Závěr | 7 |
| Seznam použitých zdrojů | 8 |

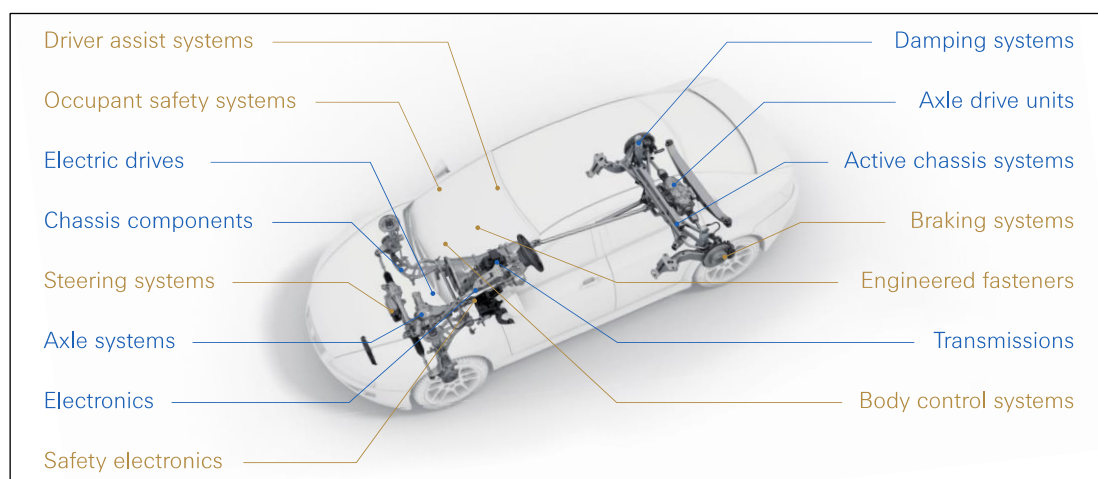
Úvod

Tato práce se zabývá mým působením ve firmě ZF Engineering Plzeň s.r.o.. Popisuje historii mateřské firmy ZF Friedrichshafen AG a její plzeňské pobočky. Dále se zaměřuje na působení plzeňské firmy a hlavně jejího výpočtářského oddělení, které se zabývá převážně projekty pro vnitřní zákazníky. Na konec jsou uvedeny podrobnosti mé pracovní zkušenosti v ZF Engineering Plzeň s.r.o. .

Popis firmy

ZF Friedrichshafen AG

ZF Friedrichshafen AG (také ZF Group), sídlící v německém Friedrichshafenu, je dnes druhá největší firma na výrobu automobilových komponent – 75 % vozidel vyrobených v Evropě obsahují alespoň jeden výrobek firmy ZF Group. Její zaměření je velmi široké, od prvků šasi (například tlumiče, stabilizátory, zavěšení) přes pohony vozidel (převodovky, spojky, dvoumotové setrvačnický) až po e-mobilitu a prvky pasivní a aktivní bezpečnosti.



Obrázek 1 Součásti vozidel vyvíjené v ZF Group [1]

Firma byla založena v roce 1915, aby vyvíjela a vyráběla tehdy nedostatková ozubená kola pro vzducholodě Zeppelin. Továrna na ozubená kola je v německém překladi Zahnradfabrik – odtud název ZF. V roce 1919 se zaměřila na automobilový průmysl – tato změna byla vynucená Versailleskou smlouvou, uzavřenou mezi Německem a vítěznými mocnostmi po první světové válce. Nejdůležitější milníky jsou uvedeny zde:[1]

- 1954 – výroba první automatické ZF převodovky 3HP20 – ZF se později stává průkopníkem v této oblasti, když uvádí první šesti- (1999), sedmi- (2003), osmi-(2007) a devítistupňovou (2013) automatickou převodovku
- 1984 – ZF kupuje firmu Lemförder Metallwaren AG, která se zabývá vývojem a výrobou řízení a zavěšení pro osobní a nákladní vozidla
- 1998 – ZF kupuje SACHS, který se zabývá vývojem a výrobou dvoumotových setrvačnicků a tlumičů pro osobní a nákladní vozidla
- 2014 – ZF kupuje TRW, zabývající se vývojem a výrobou prvků aktivní a pasivní bezpečnosti

- 2015 – Od Bosch Rexroth kupuje ZF divizi zabývající se vývojem a výrobou převodovek pro větrné elektrárny

V České Republice má ZF Group 9 poboček, z nichž je většina výrobních, vývojové jsou pouze pobočky v Plzni a Jablonci nad Nisou.

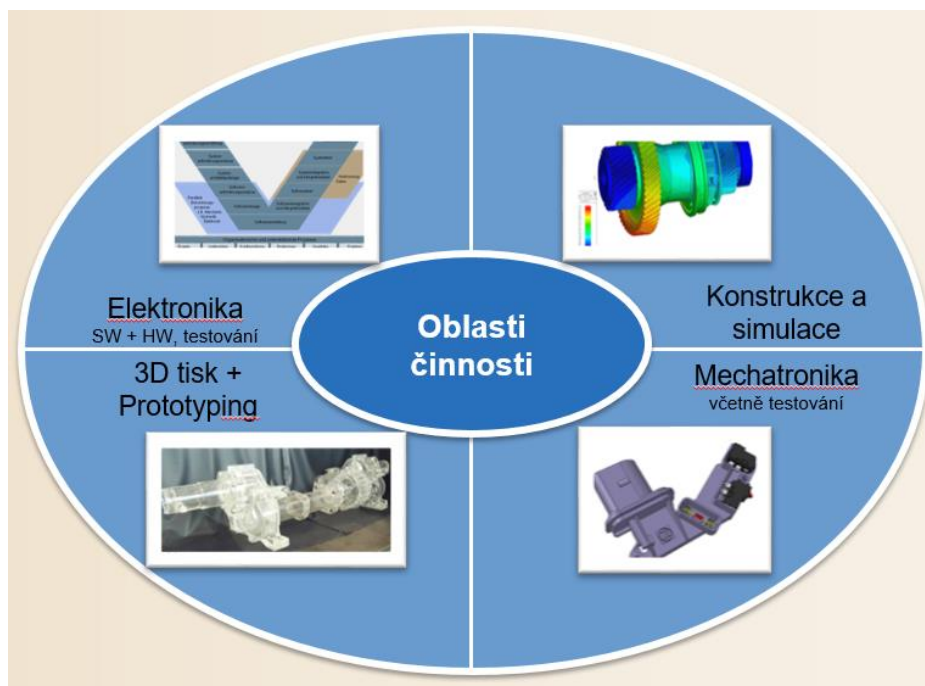
ZF Engineering Plzeň s.r.o.

Pobočka ZF v Plzni byla koupena a zařazena do koncernu v roce 2007 a v roce 2010 překonala 100 zaměstnanců, čímž se stala jedním z hlavních vývojových center koncernu. Firma od té doby stále roste, nyní čítá cca 350 zaměstnanců. Jde čistě o vývojovou pobočku, kromě prototypových zkoušek zde neprobíhá žádná výroba.



Obrázek 2 Sídlo firmy ZF Engineering Plzeň [2]

Pobočka je rozdělena na do 4 sekcí – Elektronika, Konstrukce a simulace, 3D tisk + Rapid prototyping, Mechatronika. Největší část tvoří SW inženýři (69% v roce 2016), zbytek zaměstnanců je přibližně rovnoměrně rozložený do zbývajících sekcí.



Obrázek 3 Oblasti činnosti plzeňské pobočky ZF [1]

Simulační oddělení firmy ZF, ve kterém působím, se zabývá hlavně FEM simulacemi dílů pohonu automobilů (nejvíce části převodovek, spojek a diferenciálů). Zákazník je většinou interní – nejvíce ZF Friederichshafen a ZF Schweinfurt (bývalý SACHS). Simulace se provádí statické, dynamické i životnostní. Výpočtová síť je tvořena v programech HyperMesh a SimLab, samotný výpočet je prováděn v programu Permas a vyhodnocování probíhá v programu HyperView. Dále se využívají softwary na životnost (Falancs) a další programy z produkce ZF.

Dále se v simulačním oddělení počítají HiL simulace, provádí zpracování signálů z testovacích vozidel a nyní se začínají provádět i simulace tekutin CFD a Multi Body simulace.

Moje působení v ZF Engineering Plzeň s.r.o.

Vstup do firmy

V roce 2017 jsem po návratu z Erasmu věděl, že můj poslední rok na VUT bude volnější, proto jsem začal hledat brigádu s výhledem na plný pracovní úvazek po dokončení studia. Na veletrhu pracovních příležitostí jsem narazil, mimo jiných, také na firmu ZF. Po krátkém rozhovoru s personalistkou jsem zjistil možnosti uplatnění ve firmě a získal kontakt na personální oddělení. Díky velké vzdálenosti jsem se delší dobu rozhodoval, ale nakonec jsem se rozhodl napsat na daný kontakt. Odpověď od personálního oddělení byla téměř okamžitá a v květnu jsem přišel do firmy na pohovor. Ten byl veden personalistkou, vedoucím konstrukčního oddělení a vedoucím oddělení simulací a probíhal ve velmi přátelské atmosféře. Při pohovoru mi kromě pozice FEM výpočtáře byla nastíněna i budoucí možnost uplatnění v MBS simulacích. Tato nabídka mne velmi zaujala a poté, co mi byla další týden nabídnuta od ZF pozice, jsem nabídku přijal.

Působení v FEM výpočtech

Po nástupu v červenci 2017 jsem byl zařazen do oddělení FEM výpočtů. Zezačátku jsem pracoval na tutoriálech a zkušebních úkolech v programech potřebných pro FEM výpočty. Na prvním větším projektu jsem spolupracoval na konci červenci 2017. Šlo o nahrazení statorové hřídele za novější geometrii. Tento úkol byl perfektní na úvod, protože geometrie byla tvořena jen dvěma tělesy, hřídel sama o sobě nebyla příliš komplikovaná a počet kontaktů a působících tlaků nebyl velký, takže se v úloze dalo snadno orientovat. Nová geometrie hřídele byla vysítována Tetra10 prvky a celá úloha byla přepočítána dle dřívějších simulací. Po konzultaci výsledků se zákazníkem bylo zjištěno, že je potřeba zahrnout vliv ozubení na konci hřídele a napětí v rádiusu blízko ozubení. Proto byl konec hřídele jemněji přesítován Hexa6 prvky a na konci byly vymodelovány zuby, které byly k modelu přilepeny přes MPC kontakt. Po zatížení a vyhodnocení minimálních a maximálních napětí při cyklu (nulové zatížení -> zatížení kroutícím momentem) byla vypočítána i životnost hřídele v programu Fallancs.

Další projekt, na kterém jsem spolupracoval v srpnu a září, byl přepočet krytu spojky u převodovky nákladního vozidla. Cíl byl vytvořit zjednodušený model a ověřit výsledky předchozího výpočtu na kompletním modelu. První varianta byl kryt spojky pouze zavazbený okrajovými podmínkami (bez dalších součástí) a se známým zatížením. Protože tato varianta neodpovídala předchozím výsledkům díky tomu, že byla až příliš zjednodušená, rozhodlo se o

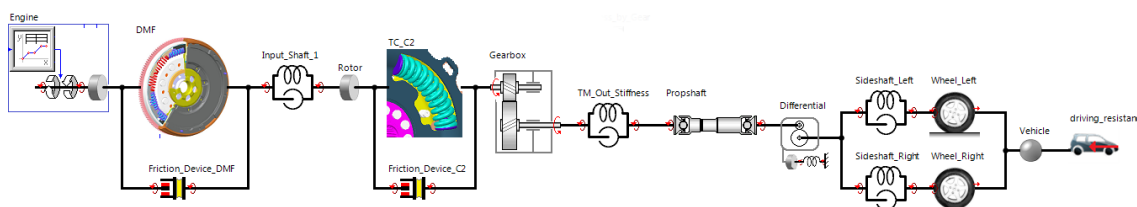
vytvoření většího modelu, který se lišil přidáním tzv. dummy engine (jednotná hmota nahrazující hmotu motoru) na motorovou stranu. Výpočet se poté zpřesnil a výsledky se začaly více shodovat. Nakonec jsem vytvořil dle původního modelu celý model krytu spojky s připojenou skříní převodovky a příslušenstvím a dummy engine na motorové straně. Tento model byl dobrý pro naučení zadávání předpětí šroubů, kontaktů, sil a MPC kontaktů. Zároveň jsem se zde naučil nastavit a spustit celou úlohu s takto velkým modelem. Po konzultaci výsledků se zákazníkem nám zákazník dodal novou geometrii krytu spojky. Proto jsem v září celý model sestavy opět upravoval a implementoval do něj novou geometrii krytu.

Protože přibližně v polovině září bylo rozhodnuto o mém zařazení k MBS výpočtům a začátkem tréninku v půlce října, a zároveň jsem měl již méně čas kvůli začátku semestru, pracoval jsem v tuto dobu pouze na podpoře úkolů ostatních výpočtářů. Šlo například o přípravu výpočtu spojky v automatické převodovce nebo nahrazení korunového kola v diferenciálu novou geometrií.

Působení v MBS výpočtech

Přibližně v polovině října začal můj trénink ve výpočtech MBS dimulací dvoumotových setrvačníků pro pobočku ZF Schweinfurt. Zároveň se díky úsilí mého vedoucího a kolegů ve Schweinfurtu povedlo domluvit diplomovou práci zadanou tímto oddělením, takže v rámci mého tréninku si zároveň připravuji půdu pro její zpracování.

MBS výpočty jsou počítány pomocí programů SimulationX a Matlab. V programu SimulationX je vytvořen model pohonu vozidla dle zadání zákazníka, ale bez hodnot – například v modelu vozidla s předním pohonem je přítomen motor, dvoumotový setrvačník, spojka, převodovka, poloosy, kola a spojovací hřídele všech součástí. U žádné součásti se ovšem nezadá žádná charakteristika. Po vytvoření je model vyexportován do exe souboru s podpůrnými soubory, ve kterých se nachází charakteristiky součástí, nastavení simulace a požadované výstupy. Nyní přichází na řadu program Matlab, kde má ZF Schweinfurt udělaný simulační algoritmus. Je potřeba vytvořit složku projektu, v něm vytvořit .m soubory s charakteristikami součástí a s požadovanými analýzami na výstupu. Po spuštění simulační algoritmus sám dosadí hodnoty do modelu vyexportovaného z programu SimX, spustí simulaci, zpracuje výsledky a vytvoří z nich přehledný .pdf protokol.



Obrázek 4 MBS model vozidla se zadním náhonem v programu SimulationX

Moje zaučení v tomto typu simulací zahrnuje doježdění do ZF Schweinfurt, kam jezdím cca každé dva týdny. V prvních dnech jsem byl uveden do ovládání programu SimulationX a naučil jsem se v něm vytvářet jednoduché modely. Poté jsem se učil v simulačním algoritmu v Matlabu, pro který bych měl v rámci diplomové práce vytvořit model

zatížení při jízdě s nesešlápnutým plynem. Toto zaučení stále trvá, ale v prosinci jsem již vypomáhal kolegům s jednoduššími úkony v projektech. Má poslední spolupráce probíhala v rámci výpočtu setrvačnicku a spojkového talíře. Zákazník měl požadavek na co největší unifikaci jednotlivých dílů pro různé varianty motorů v kombinaci s manuálními a automatickými typy převodovek. Já jsem po vedoucím v Německu převzal první simulaci, kterou jsem následně upravoval a uzpůsoboval druhému typu motor, provozovanému v různých režimech zatížení. Tyto výsledky jsem následně komunikoval s vedoucím v Německu a konstruktéry, od kterých jsem dostával nová data o setrvačnicku a spojce a upravoval model.

Nyní mě ve firmě čeká pokračování v MBS simulacích a také vypracování mé závěrečné práce, což by mělo začít v nejbližší možné době.

Závěr

Moje práce na částečný úvazek je pro mne velká zkušenost, která mne naučila velmi mnoho věcí potřebných pro další praxi, ať už ve výpočtech FEM, kde jsem si vyzkoušel práci na velkém modelu, vytváření kontaktů, nastavování velké úlohy, aj., tak i v MBS, kde se neustále učím se simulačním procesem a pronikám do základů tohoto typu simulace. Osobně bych práci v ZF Engineering Plzeň doporučil. Ve firmě se střídají zajímavé výpočetní úkoly, takže člověk většinou nepočítá neustále dokola jednu součást, kolektiv je mladší, než je běžné, a je velmi přátelský. Zároveň je skoro každý den nutná i komunikace v cizím jazyce, takže si člověk procvičí angličtinu/němčinu. Ač mě práce v ZF stojí hodně času kvůli cestování, musím říci, že mě práce baví a jsem rád, že jsem příležitost pracovat zde využil.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Vnitřní materiály ZF Group
- [2] ZF Friedrichshafen [online]. [cit. 2018-01-24]. Dostupné z: <https://www.zf.com/>