



# Průmyslový projekt

**Robert Bosch, spol. s r.o. České Budějovice**

**Simulační inženýr**

**Jan Litera**

Universita: **Vysoké učení technické v Brně**

Fakulta: **Fakulta strojního inženýrství**

Ústav: **Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky**

Studijní skupina: **5oIMB/4**

Datum: **4.12.2019**



OBSAH

1	Úvod.....	4
2	Společnost Robert Bosch .....	5
2.1	Historie.....	5
2.2	Robert Bosch celosvětově.....	5
2.3	Robert Bosch v České Republice.....	5
3	Výrobní a vývojové portfolio v Českých Budějovicích .....	6
3.1	Výroba a vývoj v RBCB .....	6
3.1.1	DNOX .....	6
3.1.2	GPA.....	7
4	Simulační inženýr .....	8
4.1	Simulační oddělení.....	8
4.2	Náplň práce simulačního inženýra.....	8
4.3	Začátky na simulačním oddělení .....	9
5	Závěr a zhodnocení praxe .....	10
6	Zdroje.....	10

## 1 Úvod

Tato semestrální práce mapuje mé pracovní zkušenosti ve společnosti Robert Bosch konkrétně v jejím odvětví v Českých Budějovicích. V rámci semestrální práce je vytvořen stručný historický a geografický přehled a základní rozdělení portfolia společnosti Robert Bosch se zaměřením na Českou Republiku, zejména na pobočku v Českých Budějovicích.

První kontakt se společností Robert Bosch České Budějovice (dále jen RBCB) jsem navázal v průběhu mého třetího a zároveň posledního ročníku bakalářského studia (základy strojního inženýrství) na dni firem v březnu 2018. V té době jsem byl již plně rozhodnutý pokračovat v magisterském studiu na ústavu mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky (ÚMTMB), kde jsem psal i svou bakalářskou práci. Velmi mě totiž zaujalo pojetí výuky mechaniky a výpočtové modelování. Při pohovoru s personalistou jsem se zmínil o tom, zdali by bylo možné být v RBCB na takové pracovní stáži, abych mohl propojit praxi s teorií, která se vyučuje na ÚMTMB. Po několika dalších pohovorech a úspěšných státních zkouškách jsem začal svojí pracovní zkušenost na simulačním oddělení v RBCB.



Obrázek 1 – Logo Robert Bosch GmbH [1]

## 2 Společnost Robert Bosch

### 2.1 Historie

Počátky společnosti Robert Bosch (RB) se datují k roku 1886 [1], kdy pan Robert Bosch v německém Stuttgartu založil tzv. „Dílnu pro jemnou mechaniku a elektrotechniku“. V této dílně byly vykonávány všemožné technické práce v oboru přesná mechanika a elektrotechnika. Například instalace telefonních systémů a elektrických zvonků, zapalování pro stacionární motor apod.

Hlavní historické milníky RB jsou uvedeny v následujícím shrnutí [1]:

- 1897 – První montáže systému magnetoelektrického zapalování do automobilů
- 1898 – Rozšíření společnosti mimo Německo (Velká Británie)
- 1901 – První Bosch továrna
- 1912 – založení 1. továrny v USA
- 1914 – rozšíření portfolia na další prvky v automobilním průmyslu (světla, generátory, startéry)
- 1927 – Čerpadlo na vstřikování nafty a rozšíření vývoje na domácí a stavební přístroje (lednice, vrtačky apod.)
- 1958 – Vývoj elektronických komponent
- 1960 až 1989 – Osamostatnění, rozdělení do divizí, globalizace
- 1994 – Po pádu železné opony se RB rozšiřuje do východní Evropy
- 2000 až současnost – Vývoj automatizovaného řízení, IoT (internet of things), Průmysl 4.0

### 2.2 Robert Bosch celosvětově

Skupina Bosch je hlavní světový dodavatel technologií a služeb o počtu zaměstnanců přesahující 400 000 [1]. Celosvětově je společnost zastoupena 130 technickými středisky. Prodej firmy za poslední rok (2018) přesáhl 78 miliard euro. Jak bylo zmíněno v kapitole 2.1 v roce 1960 se společnost rozdělila do několika divizí. V současnosti je dělení následující:

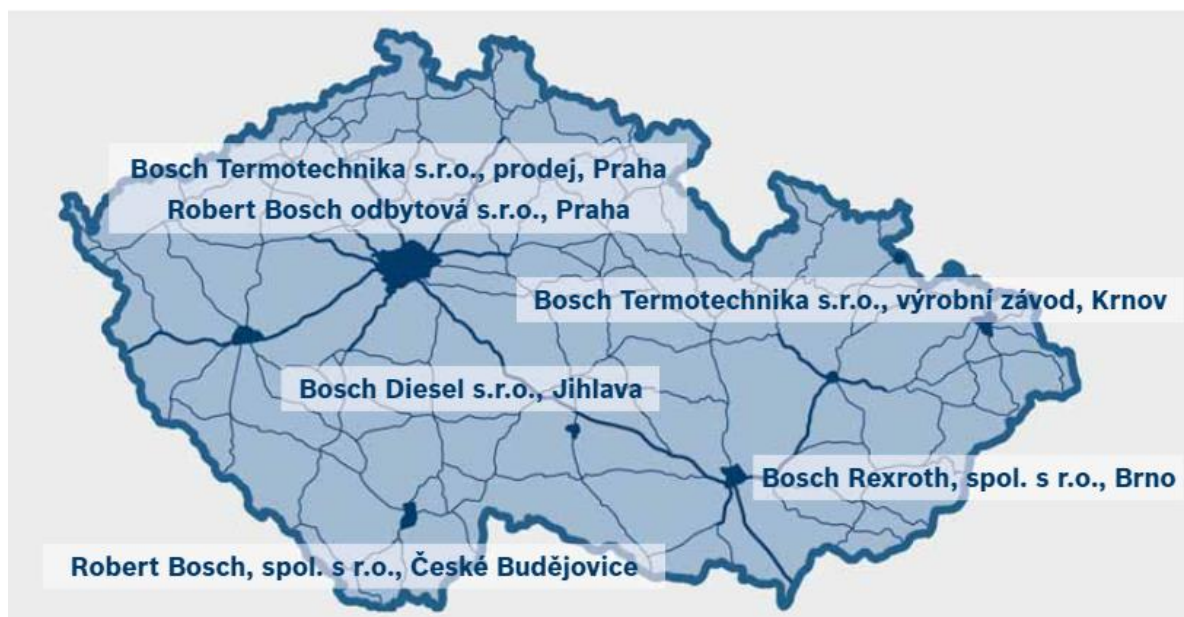
- Mobility Solutions – automobilní průmysl
- Průmyslová technika – technologie pohonů a řídicí systémy (automatizace)
- Spotřební zboží – elektrické nářadí a příslušenství, měřicí technika, domácí spotřebiče
- Energetika a technika budov – Zabezpečovací systémy, monitorování, Smart Home, atd.

### 2.3 Robert Bosch v České Republice

První oficiální pobočka v ČR vznikla v Praze roku 1920 [1]. V letech 1945 až 1989 byla činnost pobočky zastavena a začala být znovu činná až v roce 1991.

V dnešní době je v Česku několik dceřiných na sobě nezávislých firem společnosti Bosch (Obrázek 2). Hlavní rozdělení je na:

- a) Výroba – České Budějovice, Jihlava (obě Mobility solutions), Brno (Průmyslová technika), Krnov (Průmyslová technika)
- b) Obchod – Praha, Krnov, Ostrava



Obrázek 2 – Společnost Bosch v ČR [2]

### 3 Výrobní a vývojové portfolio v Českých Budějovicích

Firmy v Českých Budějovicích a v Jihlavě jsou největšími výrobními závody společnosti Bosch v ČR. Obě jsou zaměřené na výrobu v oblasti automobilního průmyslu. V Jihlavské výrobě jsou hlavními produkty komponenty pro vstřikovací systémy vznětových motorů (čerpadla, tlakové zásobníky, regulační tlakové ventily, injektory apod.) [3]. Produkty jsou primárně vyráběny z kovu. V Česko-Budějovické výrobě jsou produkty majoritně vyráběny z termoplastických komponent, respektive z kompozitů s polymerní maticí zpevněných sklenými vlákny. V RBCB je kromě výroby i velké vývojové centrum (poměr zaměstnanců ve vývoji a výrobě je cca. 0,5). Detailnější popis výroby a vývoje v RBCB je v 3.1.

#### 3.1 Výroba a vývoj v RBCB

Mezi výrobní portfolio v RBCB patří [3] DNOX (modul pro neutralizaci výfukových plynů ve vznětových motorech), nádržové a čerpadlové moduly, sací moduly, plynové pedály, kryty hlav válců, víceúčelový aktuátor (GPA – general purpose actuator), odvzdušňovací ventil nádrže, zpětné vedení paliva, elektrická palivová čerpadla a kabely. Vývoj v RBCB jde ruku v ruce s výrobou, a proto se vývojoví inženýři v RBCB zaměřují zejména na inovaci produktů DNOX, GPA, čerpadlový a nádržový modul apod. Dále se zde vyvíjí také tzv.  $\lambda$ -sondy. To jsou snímače nejčastěji umístěné ve výfukovém potrubí automobilů. Sonda snímá poměr výfukových plynů a venkovního vzduchu a tento výstup je předán řídicí jednotce [4]. Ta následně upraví směšovací poměr vzduchu a paliva tak, aby došlo ke snížení emisí.

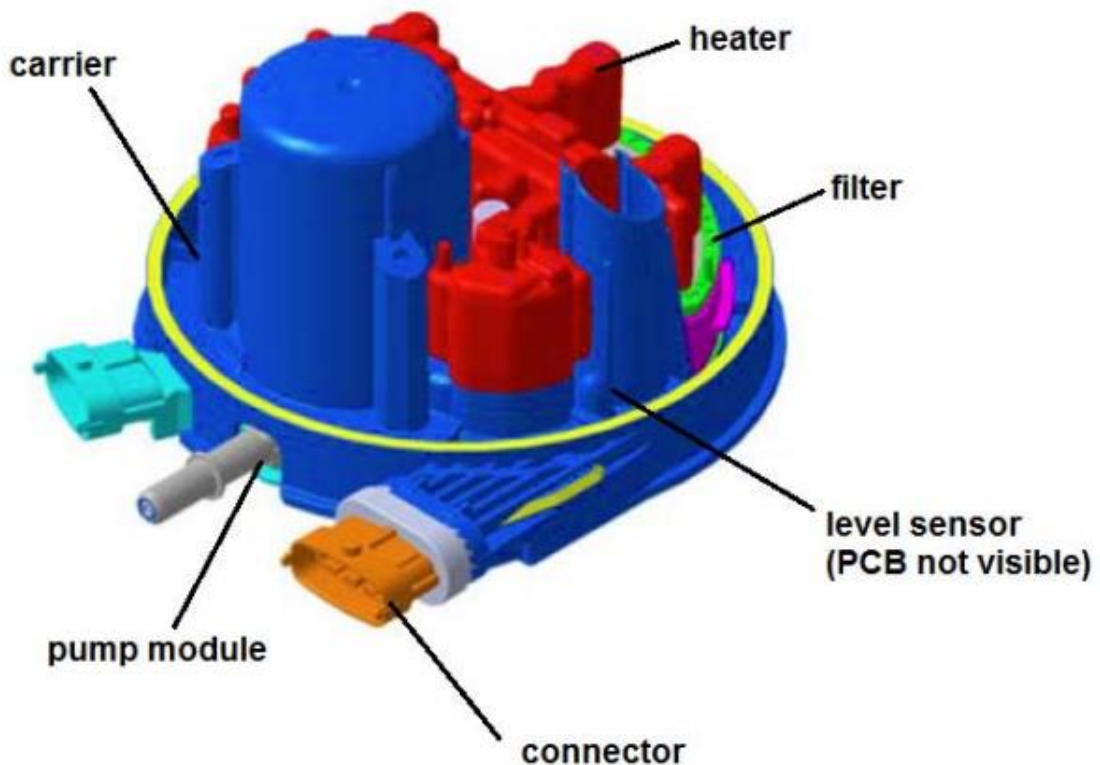
Dva základní výrobní a vývojové kameny RBCB jsou DNOX a GPA, a proto bude jejich funkce podrobněji rozvedena.

##### 3.1.1 DNOX

Systém DNOX neboli Denoxtronic [5] plní v automobilech funkci odbourávání obsahu NOx ve výfukových plynech. Je založen na tzv. SCR (selektivní katalytická redukce). V

katalyzátoru, kam je dávkována močovina (AdBlue), dochází k reakci NO<sub>x</sub> se čpavkem a vzniká voda a dusík (neškodné produkty). Hlavní komponentou systému DNOX je tzv. Supply modul (Dávkovací modul) (Obrázek 3). Ten je celý ponořený v AdBlue a skládá se z krytu, topného tělesa, filtru, výškového senzoru, konektoru a pumpy. Nejkomplexnější a nejdůležitější částí je pumpa (pump module), která nasává AdBlue do nádržového modulu. Je složena z tzv. hlavní a zpětné pumpy. Kde hlavní pumpa má za úkol již zmíněné nasávání, zatímco zpětná pumpa při skončení jízdy odsává AdBlue zpět do nádrže, aby nedošlo k zamrznutí (zvětšení objemu) a tím vzniku vad typu trhliny.

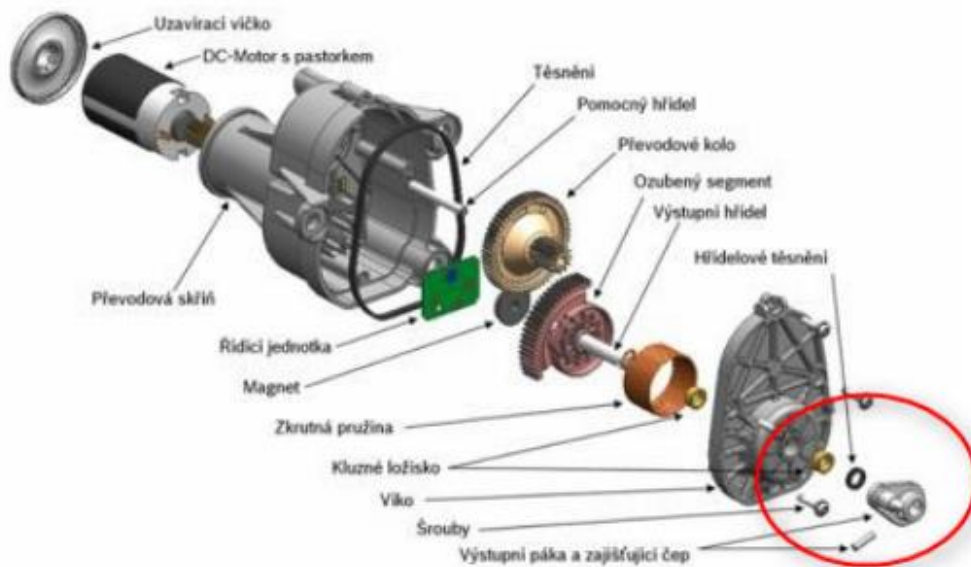
Systém DNOX je vyráběn v různých velikostech a provedeních, jak pro klasické automobily, tak pro nákladní vozy.



Obrázek 3 – Supply modul DNOX 5.X [5]

### 3.1.2 GPA

Víceúčelový aktuátor neboli GPA (obrázek 4) je komponenta používaná v automobilním průmyslu. Je možné jí použít pro různé aplikace [6] například pro nastavení klapek a ventilů v sacím potrubí. Aktuátor je složen z více jak 20 součástek, kde mezi tři hlavní patří DC nebo BLDC motor s pastorkem, ozubený převod a výstupní páčka. V případě naklápění klapky a ventilů motor komunikuje s řídicí jednotkou a pomocí přesného měření polohy optimálně naklápí klapky a ventily, tak aby došlo k co největší redukci CO<sub>2</sub>. Také se používá k optimálnímu natáčení lopatek turbodmychadla.



Obrázek 4 – GPA [6]

## 4 Simulační inženýr

### 4.1 Simulační oddělení

Na simulačním oddělení v RBCB se zabýváme zejména:

- Podpora zákaznických projektů – široké spektrum typů simulací
- Vývoj nových simulačních metod a přístupů
- DFR (Design for reliability)

Našimi zákazníky jsou jak oddělení výroby a vývoje v RBCB tak i další firmy z Německa, USA apod.

Pracujeme v softwarech Ansys, Abaqus, Optislang, Matlab, Simulink, Amesim, apod. Nejčastější simulační domény na našem oddělení jsou strukturní simulace (např. v Ansysu jsou to moduly: Static structural, Transient structural, Modal analysis a Harmonic response, Eigenvalue buckling apod.), DFR (zaměření na spolehlivost resp. bezporuchovost komponentů, citlivostní a optimalizační analýza (Optislang + Ansys) a systémové simulace (Amesim).

### 4.2 Náplň práce simulačního inženýra

Náplň práce inženýra na simulačním oddělení v RBCB je velmi rozmanitá. Je to zejména ze tří důvodů:

1. RBCB má v portfoliu téměř 10 výrobků, které se skládají z desítek součástí a jsou v několika verzích.



2. Simulační oddělení není přímo zaměřeno na jeden konkrétní výrobek a jeho vývoj nebo výrobu.
3. Ačkoliv je simulační oddělení součástí Budějovického závodu, tak našimi zákazníky jsou i zahraniční firmy, které mají naprosto odlišné výrobky a problémy.

Z téměř dvouleté zkušenosti byl každý projekt, který jsem řešil naprosto odlišný, jak řešenou oblastí, přístupem, metodou apod.

Jelikož je společnost Bosch celosvětová a dodává výrobky do často rizikových oblastí (automobilní průmysl, apod), je důležité, aby byl výrobek kvalitní a hlavně bezpečný. Proto je vypracováno několik interních směrnic, kterými se zaměstnanci musí řídit. Simulační inženýr má tedy přesně stanoveno, jak by měla vypadat komunikace se zákazníkem, výstupní protokol a samozřejmě podle jakých kritérií se mají hodnotit výstupy ze simulací.

Běžná náplň práce vypadá následujícím způsobem (bude přiblíženo na příkladu simulace pomocí MKP v Ansysu). Vše začíná tím, že se ozve zákazník s určitým problémem/ úlohou. Probíhá diskuze o tom, co vše jsme v rámci simulací schopni zjistit, jaké jsou možné výstupy a jaká je odhadovaná doba práce (= peníze) na daném projektu. Po odsouhlasení projektu vedoucím začne sběr základních dat (geometrie, materiál, okrajové podmínky – silové, deformační, funkce komponenty, důvod, proč se daná simulace provádí apod.). Následuje vytvoření základních modelů geometrie, materiálu apod. V některých případech je třeba i experimentální měření buď celé komponenty například vibrační zkouška (životnost) nebo měření materiálových vlastností. Po připravení výpočtového modelu je spuštěna simulace, která velmi často nezkonverguje na první pokus. To je dáno zejména velmi častým zahrnutím nelinearit (materiál, kontakty, geometrie). Probíhá tedy úprava modelu, tak aby bylo dosaženo konvergence. Při zkonvergování úlohy nastává analýza výsledků řešení (napěťová odezva, určení kritických míst, ověření správnosti, apod.) s navazujícím vyhodnocením a vytvořením výstupní zprávy popisující celý proces. Tato zpráva se poté konzultuje se zákazníkem. Poté nejčastěji nastanou 3 případy:

1. Zákazník má dodatečné otázky a úkoly.
2. Naváže se dlouhodobá spolupráce na vývoji dané komponenty.
3. Zákazník je dostatečně spokojený s výsledky a projekt se uzavře.

### 4.3 Začátky na simulačním oddělení

První den při nástupu na pracoviště jsem musel projít úvodními školeními (bezpečnost apod.). Následně jsem dostal hned první projekt, jednalo se o simulaci v Ansysu, která již byla v minulosti provedena, jen se změnila geometrie. Model to byl silně nelineární a dynamický (vyhodnocování kontaktního tlaku u ozubených kol), takže i přesto, že jsem v podstatě kopíroval minulou simulaci, tak jsem na tomto projektu strávil několik týdnů. Přitom jsem se ale naučil mnohem lépe pracovat s Ansysem, vyhodnocovat v Matlabu a Excellu a psát závěrečnou zprávu. Celý projekt probíhal pod dozorem vedoucího, který byl v kontaktu se zákazníkem. Další projekt už jsem měl téměř celý na starost sám, včetně konzultace se zákazníkem. Postupem času jsem začal dostávat úplně samostatné projekty od začátku až do konce na naprosto odlišné typy úloh (statika, dynamika, ztráta stability apod.). Náplní mé práce je nejen tvorba výpočtových modelů v prostředí Ansys, ale také pre a postprocessing v Matlabu, Excellu nebo Optislangu.

V průběhu prvního půlroku praxe jsem byl vedoucím přihlášen na stipendijní program společnosti Bosch a byl jsem vybrán, takže jsem během studia také finančně podporován.

Ke konci prvního ročníku magisterského studia jsem dostal možnost pracovat na diplomové práci v rámci RBCB. Jedná se o vytvoření koncepce vyhodnocení svarového spoje dvou kompozitních součástí s polymerní matricí a skelnými vlákny vzniklého laserovým transmisivním svařováním. V průběhu vypracování diplomové práce se dostávám k experimentálním zařízením (stroje na tahové/tlakové zkoušky, tlaková destrukční zkouška, vibrační zařízení apod.).

V současné době mi byl nabídnut částečný úvazek, který mi časově i finančně vychází vstříc se studiem.

Nyní se kromě diplomové práce zaměřuji také na elektromagnetické simulace.

## 5 Závěr a zhodnocení praxe

Pracovní zkušenost v RBCB byla a stále je velmi přínosná. Zjistil jsem, jak to funguje ve velké, ale ne vždy úplně typické, strojírenské firmě. Naučil jsem se zodpovědnosti vůči oddělení a zákazníkovi. Prohloubil jsem své schopnosti v komerčních softwarech (Ansys, Matlab apod.), v psaní „maker“ v jazyku APDL, ve vyhodnocování konečnoprvkových analýz a v řešení problémů modelováním. Díky možnosti psaní diplomové práce pro RBCB jsem se naučil s experimentálními přístroji a s následným vyhodnocováním dat z nich. Všechny naučené poznatky ze školy jsem mohl okamžitě aplikovat na projekty v práci a naopak.

Praxi tedy všem studentům doporučuji, zejména takovou, aby poznatky nabyté ve škole bylo možné v praxi použít a obráceně.

## 6 Zdroje

- [1] <https://www.bosch.com/>
- [2] *Kariéra u společnosti Bosch*. <https://docplayer.cz/1776751-Kariera-u-spolecnosti-bosch.html>.
- [3] [https://www.bosch.cz/media/our\\_company/bosch\\_dnes\\_2018\\_cz.pdf](https://www.bosch.cz/media/our_company/bosch_dnes_2018_cz.pdf)
- [4] [https://cs.wikipedia.org/wiki/Lambda\\_sonda](https://cs.wikipedia.org/wiki/Lambda_sonda)
- [5] FRIEDL, M. *Bosch DNOX 5.x - optimalizace zkoušek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 69 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D..
- [6] KOHOUT, Pavel. *Stanovení životnosti dílů zatížených náhodnými vibracemi*. Praha, 2016. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Doc. Ing. Miroslav Španiel CSc.