

Formulový vůz týmu CTU CarTech pro soutěž Formula Student/SAE

Martin Zábranský a tým (www.cartech.cvut.cz)

CTU CarTech je univerzitní tým složený ze studentů ČVUT v Praze, který vyvíjí vůz kategorie Formula Student/SAE. Cílem snažení týmu je start na soutěži Formula Student Germany v srpnu 2009 s vozem, který si studenti sami postaví. V týmu je zapojeno kolem třiceti studentů převážně z Fakulty strojní a z Fakulty elektrotechnické. Pracují na projektech týkajících se vývoje vozu v rámci studia i ve volném čase. Projekty se týkají konstrukce a výroby, jak strojních, tak elektrotechnických součástí vozu. Studenti mají díky práci v týmu jedinečnou možnost realizovat své nápady a aplikovat znalosti nabyté na univerzitě. Obohacují si tím své vesměs teoretické univerzitní vzdělání o praktické zkušenosti získané z realizace skutečného soutěžního vozu, která s sebou nese mnohá úskalí a studenti se nevyhnou odpovědnosti za výsledek. Kromě bohatých zkušeností bude studentům odměnou i možnost pilotovat tento vůz na závodech na slavném okruhu Hockenheim.

1. Úvod

Atraktivní vzdělávací projekt

Soutěže Formula Student/SAE se každoročně účastní kolem dvou stovek univerzitních týmů z celého světa. V mnoha vyspělých evropských zemích má mnohaletou tradici. Tým CTU CarTech z ČVUT v Praze je historicky prvním týmem v České republice, který začal projekt realizovat. Realizace projektu by se neobešla bez podpory vzdělávacích organizací a bez spolupráce s průmyslem. Na ČVUT v Praze je tým podporován zejména Fakultou strojní, kde probíhá konstrukce a výroba strojních součástí vozu, a Fakultou elektrotechnickou, kde se vyvíjí a testuje elektronika vozu. Tým má zázemí a motorovou zkušebnu v laboratořích Ústavu automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel Fakulty strojní. Jedná se o projekt natolik atraktivní z hlediska technického vzdělávání, že se jej rozhodly podpořit nejen významné firmy z automobilového průmyslu (generálním partnerem týmu je Škoda Auto a. s.), ale také instituce starající se o podporu technických talentů, kterými jsou nadace ČVUT Media Lab a Centrum podpory talentů. O studenty aktivně zapojené do práce týmu je mezi firmami zájem o čemž svědčí i podpora zavedené vývojové firmy Swell, poskytující své služby nejznámějším světovým automobilkám.

1.1 Soutěž Formula Student/SAE

Soutěž Formule SAE se poprvé konala v USA v roce 1981. Od roku 1998 se pořádá její evropská obdoba Formula Student. V současné době se pořádá kolem 8 soutěží po celém světě. Preambulí soutěže je fiktivní veřejná soutěž vypsána producentem automobilů na postavení prototypu formulového vozu pro víkendového závodníka, kterého by se vyrobila tisíce kusová série. Nejedná se tedy pouze o závody vozů, ale soutěží se v disciplínách, které prověřují technickou vyspělost týmu a jejich vozu. Výsledky týmů hodnotí odborná porota složená z členů profesionálních týmů ze světa motoristického sportu, nezřídka z Formule 1 (F1). Soutěží se ve statických a dynamických disciplínách.

Do **statických** disciplín této soutěže patří:

- technická prohlídka vozu – zjišťuje se, zda vůz splňuje pravidla soutěže, velký důraz je kladen na bezpečnost jezdce, protože vůz pilotují studenti
- prezentace obchodní strategie týmu,
- technická vyspělost konstrukce vozu, jedná se o disciplínu, kde jsou hodnocena použitá technická řešení, materiály a technologie výroby
- rozbor nákladů na výrobu jednoho prototypu vozu.

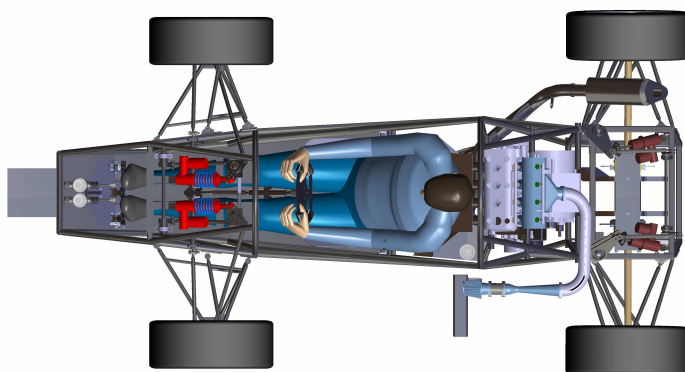
V celkovém hodnocení lze více bodů získat za **dynamické** disciplíny, v nichž se hodnotí:

- čas akcelerace v přímce,
- čas průjezdů trati ve tvaru číslce osm,
- slalom mezi kužely,
- závod na 22 km, na vytýčené trati, při kterém se zároveň měří spotřeba paliva.

O výsledku dynamických disciplín rozhoduje dosažený čas. V roce 2009 se evropské soutěže budou konat na okruzích Hockenheim v Německu, Silverstone ve Velké Británii a Riccardo Paletti Circuit v Itálii.

2. Koncepce vozu

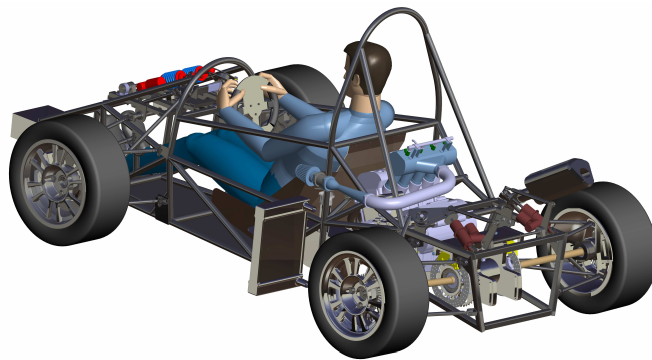
Koncepce vozu FS01 je z velké části předurčena požadavky na splnění pravidel soutěže, jejichž cílem je především zajistit bezpečnost pilota. Svou podstatou je koncepce navrženého vozu velice podobná dnes používaným koncepcím formulových vozů seriálu F1. Jedná se o jednosedadlový vůz, který je poháněn konvenčním spalovacím motorem. Ten je uložen v prostoru mezi jezdcem a poháněnou zadní nápravou - tzv. uprostřed.



Obr.1. *Půdorys vozu CTU Cartech*

Poměr statického zatížení jednotlivých náprav vozu je proto velmi blízký poměru 50:50, což je výhodné z hlediska jeho dynamických vlastností.

Základem navrženého vozu je prostorový svařovaný trubkový rám z konstrukční oceli, který vytváří jak bezpečný kokpit pro jezdce, tak nosnou strukturu všech komponent vozu, jako je motor s příslušenstvím, hnací ústrojí, elektronické systémy, atd.... Na rám vozidla bude také připevněna sklolaminátová karosérie, která vozu propůjčuje dynamický design. Pro zajištění dobrých dynamických vlastností vozu jsou všechna kola zavěšena nezávisle a nápravy jsou odpruženy plně stavitelnými pružicemi jednotkami od firmy Protlum. Přenos točivého momentu z převodovky, která je součástí motocyklového motoru, na hnaná kola je realizován pomocí řetězového sekundárního převodu a hnaná (zadní) náprava je vybavena svorným diferenciálem typu Torsen.



Obr. 2. *Zadní náprava a diferenciál vozu CTU Cartech*

Všechna kola vozu jsou brzděná kotoučovými brzdami, které jsou stejně jako komponenty řízení výsledkem spolupráce s firmou TRW Automotive.



Obr. 3. Aktuální podoba 3D návrhu vozu FS01-koncept2.

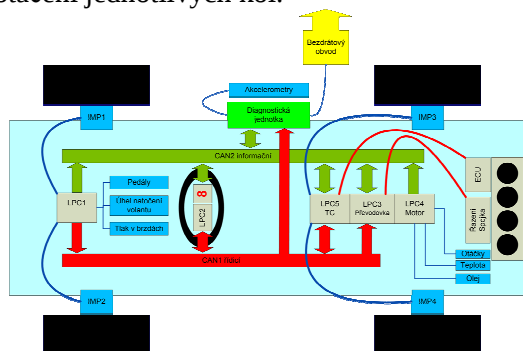
3. Motor

První vůz bude poháněný nepřepínaným čtyřválcovým motorem z motocyklu Yamaha YZF-R6 vybaveného šestistupňovou sekvenční převodovkou, který vyhovuje pravidlům omezujícím maximální zdvihový objem na 610 cm^3 . Sání motoru musí být vybaveno restriktorem předepsaného rozměru. Pro další ročníky je naplánováno použití přeplňovaného motoru, který pravidla dovolují použít pouze nebyl-li v originále přeplňován. Na motoru je nutné provést několik úprav, mezi něž patří modifikace mazání a chlazení motoru. Pro snížení těžiště bude výfukové potrubí vyvedeno do strany. Na výrobě výfukového potrubí s týmem spolupracuje firma Faurecia Exhaust Systems. Vzhledem ke změně množství nasátého vzduchu škrcením v restriktru je nutné použít závodní řídicí jednotku, která umožní změnu regulovaných parametrů, zejména časování zážehu a množství vstřikovaného paliva.

Pro správné seřízení motoru a nastavení řídicí jednotky je nutné motor testovat na motorové brzdě. Paralelně s úpravami motoru probíhá stavba brzdového stanoviště vybaveného dynamometrem a díky sponzorským darům moderním systémem měření a sběru dat. Základní fyzikální veličiny budou měřeny snímači od firmy Newport Electronics. K detekci okamžitého tlaku ve spalovacím prostoru válce a vyhodnocení začínajícího klepání bude použita indikační svíčka od firmy Kistler, umožňující měření bez zásahu do konstrukce motoru. Naměřené parametry jsou zpracovávány měřicí kartou a softwarem od firmy National Instruments. Toto stanoviště je studenty stavěno celé od základů v prostorách motorové zkušebny Ústavu automobilů Fakulty strojní na Julisce.

4. Elektronika a mechatronika vozu FS.01

Při návrhu elektroniky pro vůz FS01 bylo zvažováno několik variant. Po definování požadavků, které by měla elektronika moderního soutěžního automobilu obsahovat, byla zvolena koncepce distribuovaného systému. Při volbě komunikačního protokolu, padla volba na osvědčený standard CAN. Současný návrh (Obr. 4.) je založen na 6 modulech, které jsou propojeny dvěma sběrnici CAN. První ze sběrnic, tzv. informační CAN slouží k přenosu dat, která nejsou kritická na čas doručení, ale počítá se s jejich vysokou četností. Typickým příkladem zprávy určené pro tuto sběrnici jsou otáčky motoru. Druhá sběrnice je pojmenována jako řídicí CAN. Jejím úkolem je zprostředkovat přenos kritických dat, jako např. povelů pro přerazení či zprávy o rychlosti otáčení jednotlivých kol.



Obr. 4. Elektronika vozu FS01

Distribuované řídicí jednotky využívají mikrokontrolérů NXP LPC2129, které díky svému velkému výpočetnímu výkonu umožňují velmi rychle zpracovávat i složitější algoritmy. Tyto procesory jsou součástí modulů, které jsou po HW stránce shodné pro všechny jednotky. Tato koncepce umožňuje

rychlou výměnu v případě poruchy. Nosné boardy pro procesorové moduly jsou osazeny periferními obvody, které umožňují dané jednotce interakci s okolím. V automobilu FS01 bude nasazeno 6 jednotek, přičemž v současnosti systém pracuje se čtyřmi.



Obr. 5. Řídící jednotka ve volantu

Jednotka volantu (Obr. 5) slouží pro ovládání elektromechanických systémů celého automobilu. Je umístěna přímo ve volantu a díky použití sběrnic CAN je s okolím propojena pouze 6 vodiči. Při jejím návrhu byl brán ohled hlavně na jednoduchost a ergonomii. Je vybavena alfanumerickým displejem, který byl vybrán s ohledem na přehlednost a dobrou čitelnost i na ostrém slunečním svitu. Tento displej je primárně určen pro zobrazení aktuálního rychlostního stupně, plánuje se však i jeho využití pro zobrazení jiných informací o stavu vozidla.

Dalším prvkem je indikátor okamžiku řazení, který pilota informuje o nejvhodnějším okamžiku pro změnu rychlostního stupně. Tato funkce je v podstatě modifikací běžného otáčkoměru pro závodní účely. Díky informacím ze sběrnic CAN lze implementovat i funkce omezující chyby pilota. Příkladem takové chyby je nevhodné podřazení při vysokých otáčkách motoru, které by mohlo vést k poškození spojkového mechanismu.

Jednotka elektropneumatického řazení má na starosti polohování pneumatického systému v závislosti na příkazech od jednotky volantu. Je osazena výkonovými prvky pro ovládání pneumatických ventilů. Analogovými vstupy pro monitoring tlaku v systému a několik digitálních vstupů určujících současnou polohu pneumatického mechanismu. Jednotka má integrován DC/DC měnič na 24V nutných pro ovládání průmyslových ventilů. Základní elektroinstalace na FS01 pracuje s palubním napětím 13,4V.

Jednotka řízení trakce automobilu. Tento systém je důležitý pro omezení chyb jezdce při prudké akceleraci. Je založen na principu snímání otáček kol přední a zadní nápravy a následným snížením výkonu motoru v případě, že algoritmus vyhodnotí prokluz kol hnané nápravy. Tato jednotka bude dále informovat ostatní systémy o aktuální rychlosti vozidla.

Diagnostická jednotka pracuje s procesorem MPC5200. Jedná se o komerční modul, pod který byla navržena nosná deska, osazená periferiemi nutnými pro propojení se zbývajícím částí distribuovaného systému. Jednotka shromažďuje data z obou sběrnic CAN a ke každé informaci přidává časovou značku. Jednotlivé informace jsou podle svého významu rozčleněny do samostatných souborů, které bude možné analyzovat a následně získané informace využít pro zlepšení v dalším vývoji celého automobilu. Přenos diagnostických dat z vozu je v současné době realizován s využitím standardu WiFi.

Senzorické jednotky v současné době probíhají vývojem, budou sloužit pro monitoring celkového stavu vozidla. Všechny získané informace budou distribuovány pomocí informačního CANu. Jednotky budou kromě základních čidel teplot a tlaků obsahovat i akcelerometry nebo možnost připojení pyrometrů pro měření prohřátí pneumatik během soutěže.

5. Závěr

Tým CTU CarTech poprvé představí svůj vůz širší veřejnosti na výstavě Amper 2009, kde budou mít návštěvníci možnost detailně se seznámit zejména s elektronikou a mechatronikou vozu. Motoristické veřejnosti bude vůz představen na Autosalonu 2009 v Brně začátkem června. Tým CTU CarTech je registrovaný k účasti v soutěži Formula Student Germany 2009, kde se startovním číslem 30 na přídi vozu bude v konkurenci dalších 77 týmů z celého světa reprezentovat svoji mateřskou univerzitu a jako jediný tým Českou republiku.