

1. Úvod	3
2. Definice problému	4
3. Specifické rozdíly závodních a sériových vozů	6
3.1 Možnosti nastavení	8
3.2 Cíl nastavení	9
3.3 PŠevodovka Porsche	9
3.3.1 Montáž pŠevodovky	10
3.3.2 Změna pŠevodů	10
3.3.3 Údržba pŠevodovky	10
3.3.4 Ozubené kolo a pastorek	11
3.3.5 Poznámka	11
4. Telemetrie a dataloggery	12
4.1 Obecné blokové schéma dataloggeru	13
4.2 Rozdělení dataloggerů	13
4.3 Základní typ dataloggeru	14
4.4 Vícekanálové dataloggery	15
4.5 Zobrazovací panely	17
4.6 Použití softwaru	21
4.6.1 Analýza dat	22
4.6.2 Frekvenční analýza	22
4.6.3 Hlavní sledované veličiny	22
4.6.4 Nejlepší zaznamenávané hodnoty	22
4.6.5 Přehled použití softwaru	23
4.7 Přehled snímačů	26
5. Matematický model dynamického chování	29
5.1 Důvody vytvoření matematického modelu	29
5.2 Důvody použití jednotlivých zjednodušení	29
5.3 Popis dynamického modelu dvouúpravového vozidla	29
5.3.1 Jízdní odpory	30
5.3.2 Odpor vzdušný	31
5.4 Charakteristika spalovacího motoru	32
5.5 Brzdění	33
5.5.1 Přiblížení brzdění	33
5.6 Virtuální model dynamického chování vozu	34
5.6.1 Vstupní charakteristiky	34
5.6.2 Hnací charakteristika	35
5.6.3 Brzdná síla	35
5.6.4 Celková dráha úseku	35
5.7 Algoritmus virtuálního pohybu vozu	35



Brno, 2008

ĽľovĽk je tvor soutĽivĽy, proto ho jĽĽh v polĽtĽcĽch vĽroby motorovĽch vozidel na konci 19. stoletĽ, napadlo poĽadat motoristickĽ zĽvody. PrvnĽ zĽvod nejspĽg vznikl tehdy, kdyĽ se potkali dva vozy jedoucí soubĽhnĽ. PozdĽji se zĽvody zaĽali organizovat a rozdĽľovat na motoristickĽ disciplĽny (napĽ zĽvody z jednoho mĽsta do druhĽho, zĽvody do vrchu, zĽvody na mĽstskĽch nebo pĽĽrodnĽch okruzĽch) a na kategorie vozidel (automobily, motocykly, sajdkĽry), dĽle se pak dĽĽili podle uĽĽenĽ a pouĽitĽ na: terĽnnĽ a silniĽnĽ, sĽriovĽe a prototypy, podle velikosti hmotnosti a kubatury.

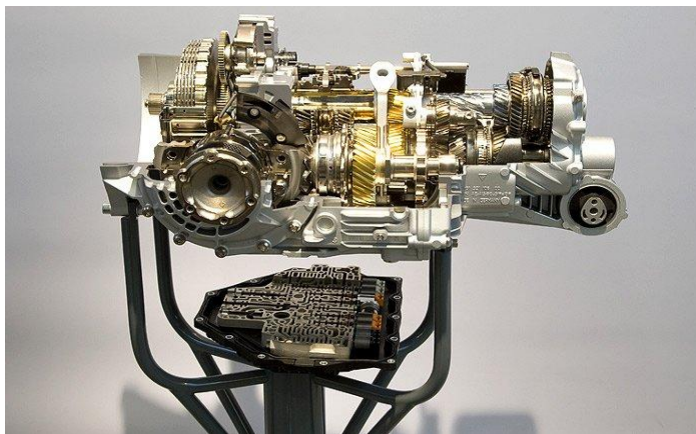
Tyto motoristickĽ zĽvody si hned od polĽtĽku zĽskali oblibu ĽirokĽch vrstev obyvatel vĽech kontinentĽ, a to i pĽĽsto nebo prĽvĽ proto, Ľe to je sport nebezpeĽnĽ jak pro aktĽry samotnĽ, tak i pro divĽky. Nejen samotnĽ zĽvodnĽci chtĽi vĽhdy vyhrĽt, ale i vĽrobci vozidel si uvĽdomili, Ľe vĽtĽstvĽ v prestiĽnĽm zĽvodĽ je obrovskĽ reklama jejich vĽrobku, jelikoĽ se o tyto zĽvody zajĽmĽjĽ mĽdia. Proto zaĽali zĽvodnĽky podporovat a zaĽali vznikat soukromĽ a tovĽrnĽ tĽmy. Tato konkurence je hnacĽm motorem technickĽho vĽvoje vĽech vozidel. NovĽ technickĽ ĽeĽenĽ Ľasto vyvinutĽ pro zĽvodnĽ ŽĽĽely se Ľasem pĽĽenĽgĽ v upravenĽm provedenĽ do sĽriovĽch vozĽ.

V tĽto diplomovĽ prĽci se budu zabĽvat optimalizacĽ sady pĽĽevodovĽch pomĽĽ pĽĽevodovky zĽvodnĽho vozu, pro libovolnĽ zĽvodnĽ okruh. NalezenĽ sprĽvnĽ pĽĽevodovĽ sady vede k efektivĽgĽmu vyuĽitĽ vĽkonovĽho potenciĽlu motoru na zĽvodnĽm okruhu. DĽĽsledkem je dosaĽenĽ menĽĽho Ľasu potĽebnĽho ke zdolĽnĽ celĽ trati, coĽ je cĽlem technikĽ usilujĽcĽch o ideĽlnĽ kompromis nastavenĽ pro zĽvod.

U zĽvodnĽho vozu, na rozdĽl od sĽriovĽho, je moĽnĽ nastavit mnoho jednotlivĽch souĽĽstĽ pro specifickĽ podmĽnky kaĽdĽho zĽvodnĽho okruhu. Pro jednotlivĽ pĽĽevodovĽ stupnĽ existuje nĽkolik rĽznĽch variant pĽĽevodovĽho pomĽu. K nalezenĽ ideĽlnĽ pĽĽevodovĽ sady jsem vytvoĽil, virtuĽlnĽ model dynamickĽho chovĽnĽ vozu, jehoĽ pomocĽ mohu simulovat chovĽnĽ vozu ve sledovanĽch situacĽch. SouĽĽstĽ tĽto prĽce je vytvoĽenĽ softwaru, s jehoĽ pomocĽ mohu analyzovat data namĽĽenĽ na voze bĽhem pĽĽedchozĽch testovacĽch nebo zĽvodnĽch jĽzd. DĽle tento program obsahuje algoritmus, kterĽ modeluje jĽzdnĽ projev vozu v konkrĽtnĽch ŽsecĽch zĽvodnĽ trati. PomocĽ tohoto softwaru mohu testovat jednotlivĽ sady pĽĽevodovĽch pomĽĽ a nalĽzt jejich optimĽlnĽ nastavenĽ. VĽslednou pĽĽevodovou sadu je ovĽem nutnĽ jeĽtĽ testovat v reĽlnĽch podmĽnkĽch, a pĽĽhlĽdnout na individuĽlnĽ poĽadavky jezdce.

V nĽsledujĽcĽch kapitolĽch jsou uvedeny specifickĽ rozdĽly mezi zĽvodnĽmi a sĽriovĽmi vozy. DĽle vĽznam telemetrie, zpĽĽsoby zĽskĽnĽ a uchovĽnĽ mĽĽenĽch dat bĽhem testovĽnĽ a zĽvodnĽho pouĽitĽ vozu. DĽle nĽsleduje popis dynamickĽho chovĽnĽ vozu a vytvoĽenĽ matematickĽho modelu. V dalĽĽ kapitole popisujĽ zpĽĽsob pouĽitĽ programu, jenĽ analyzuje data namĽĽenĽ na zĽvodnĽch okruzĽch, a aplikuje algoritmus porovnvajĽcĽ zadanĽ pĽĽevodovĽ sady pĽĽ pohybu vozu na trati. NĽsleduje aplikace tohoto programu na nĽkolik zadanĽch zĽvodnĽch okruhu. V zĽvĽru zhodnotĽm moĽnosti pouĽitĽ tohoto programu, jeho klady a zĽpory a vĽhled dalĽĽho moĽnĽho zdokonalenĽ.

Na rozdíl od většiny sériových aut, která po celou dobu životnosti vystačí s jedním nastavením převodů v převodové skříni, jsou u závodních vozů různé varianty nastavení převodové sady pro každý závodní okruh.



Obr. 2.1 Šez převodovkou Porsche PDK

Zdroj:

<http://www.drive.com.au/Editorial/ArticleDetail.aspx?ArticleID=53789&GalleryType=2&ImageID=2&ReferringArticleID=53775>

Optimalizaci je obecně myšleno vyhledání nejlepší možné varianty nějakého šzeného děje, rozhodnutí nebo postupu.

Cílem této práce je vytvoření automatizovaného algoritmu, jehož pomocí mohu testovat různé sady převodových poměrů na jakékoliv závodní trati. Na základě výsledků tohoto algoritmu mohu rozhodnout, která převodová varianta je optimální pro použití na konkrétní závodní trati.

Důvodem pro vytvoření takového programu je především úspora financí, času, a úsilí většiny členů závodního týmu, kterých by bylo potřeba k reálnému testování závodního vozu na daných závodních tratích.

Principem tohoto algoritmu je vytvoření virtuálního modelu chování vozu na charakteristických úsecích závodního okruhu. Charakteristickými úseky jsou myšleny především nejdelší přímé úseky trati, nebo ty, jejichž poloměr zatáčení není příliš malý. Na těchto úsecích závodní vozy výrazně akcelerují a často se na nich šadí. Jsou vyloučeny ty úseky, na kterých nedochází k výrazným změnám rychlosti, anebo jsou tyto změny rychlosti na velmi krátké dráze, na které v podstatě nedochází k šazení.

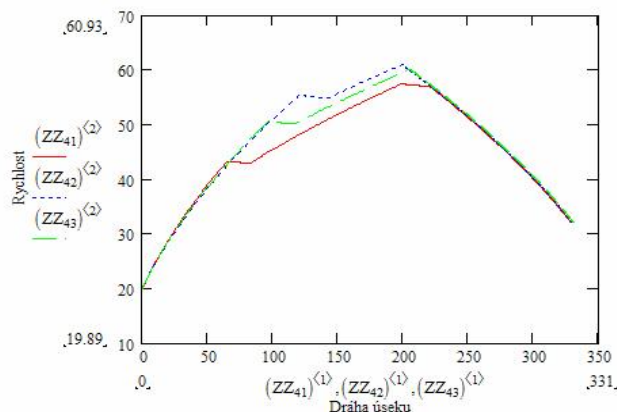
Sledování průběhu jízdy závodních vozů patří obecně do telemetrie, která se zabývá sbírem dat, jenž se zapisují do dataloggerů. Analýzou naměřených dat, můžeme získat mnoho poznatků o chování vozu i jezdce v jednotlivých částech okruhu. Naměřená data nám mohou posloužit k hodnocení výkonu jezdce, nastavení podvozku, vývoji motoru, životnosti pneumatik a také ke sledování průběhu, vhodnosti a četnosti šazení. Výhodné pro nastavení převodovky je sledování závislosti otáček motoru na rychlosti a rychlosti na dráze.



Obr. 2.2 Zobrazení dat naměřených telemetrií.[7]

Výsledkem této práce je tedy uřivatelsky přehledný program, jehož pomocí mohu naměřená data analyzovat a který vyhledá z mnohiny převodových sad tu, při jejímž použití, je výsledný čas projetí charakteristických úseků nejmenší. Dále mohu porovnat rozdíly mezi jednotlivými převodovými sadami a zobrazit průběh nárůstu rychlosti a otáček v jednotlivých úsecích.

Na obrázku 2.2 je znázorněn průběh nárůstu a poklesu rychlosti, pro tři různá nastavení převodové sady.



Obr. 2.3 Průběh rychlosti na sledovaném úseku pro tři různé převodové sady.

V následujících bodech jsou rozděleny etapy, které jsou rozvedeny v dalších kapitolách.

- Problematika závodních vozů z hlediska jejich seřízení a nastavení.
- Obecný popis spolupráce motoru s převodovým ústrojím.
- Zhodnocení významu a historie vývoje telemetrie a dataloggerů pro motoristický sport.
- Popis matematického modelu trakčního chování vozidla.
- Popis programu analyzujícího data a aplikujícího virtuální model chování vozu.
- Prezentace výsledků na zadaných závodních okruzích.
- Závěrečné zhodnocení.

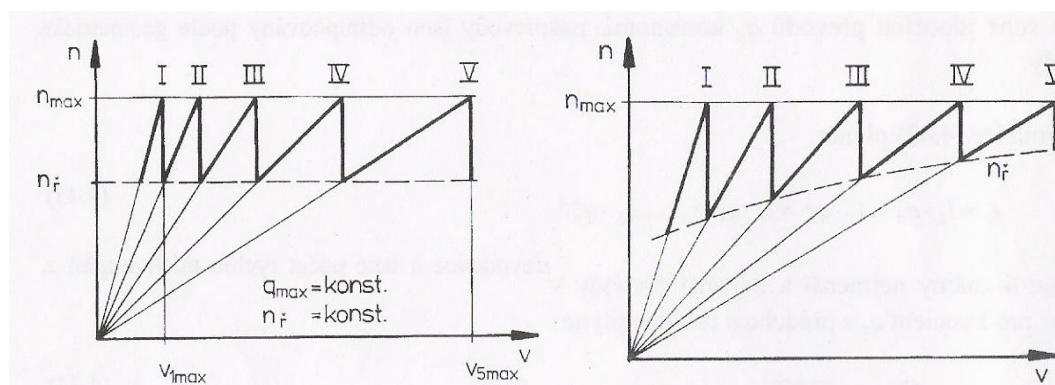
odních a sériových vozů

Geneze závodního vozu může být velmi rozdílná, záleží především na volbě disciplíny motoristického sportu. Existují v podstatě dva způsoby vytvoření závodního vozu. Prvním způsobem je vytvoření závodního vozu přímo pro podmínky určitého závodního šampionátu. Jedná se především o formulové vozy a speciální monoposty. Druhým způsobem je úprava sériového vozu pro závodní podmínky. Tento způsob je podstatně lacinější, spočívá především ve zbavení vozu všech jeho součástí nepotřebných pro závodní použití a nahrazení sériových součástí vozu, za speciální komponenty, které jsou v daných podmínkách odolnější a mají větší možnost nastavení pro specifické podmínky jednotlivých tratí.

Rozdílnost závodních a sériových vozů spočívá především v odlišnosti jejich použití, a požadavcích na jejich jízdní projev na dráze. Závodní vůz se především používá na uzavřených komunikacích, odkud je vyloučen běžný silniční provoz, proto většinou postrádá prvky potřebné pro provoz v běžném silničním provozu, jako jsou například blinkry, zrcátka, klakson, nárazníky nebo svítilna.

U závodních vozů je běžné, že na rozdíl od těch sériových, že mají široké spektrum nastavení mnoha prvků. Jedná se o nastavení podvozku, aerodynamiky vozu, volby pneumatik a úprav motoru a převodového ústrojí. Je běžné, že pro nastavení převodových stupňů máme v nabídce velkou paletu možných řešení. Vybrat ale z této nabídky to správné řešení není jednoduché.

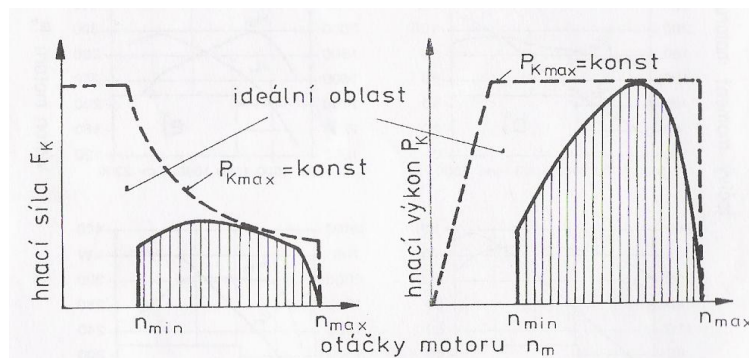
Odstupřování rychlostních stupňů převodovek sériových vozů je realizováno především podle geometrického nebo progresivního rozdělení. U závodních vozů je situace jiná, odstupřování převodových stupňů je různé pro každý závodní okruh a často neodpovídá ani jednomu pádu, používanému sériovými vozy.



Obr. 3.1. Pilový diagram odstupřové převodovky s geometrickým (vlevo) a progresivním (vpravo) odstupřováním rychlostních stupňů [2]

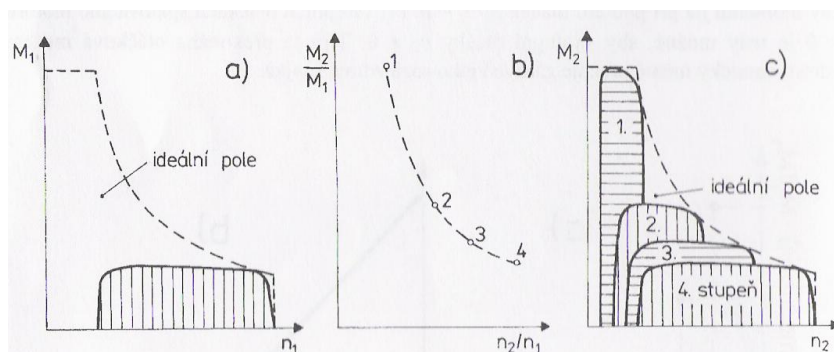
Každý závodní okruh je svým specifický, různým výškovým profilem trati, a různým podílem krátkých, a dlouhých úseků. Na těchto rovných úsecích vůz maximálně akceleroje a na konci rovinky musí svojí rychlost prudce snížit, aby mohl bezpečně projet následnou zatáčkou.

Charakteristiky do oblasti ideální rychlostní charakteristiky pohonu.



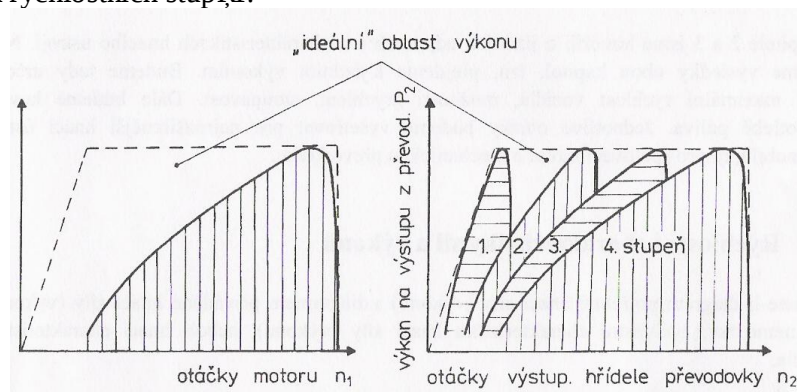
Obr. 3.2. Provozní pole spalovacího motoru [2]

Příklad takového rozložení hnací momentové charakteristiky řtyštné převodovky do ideální rychlostní charakteristiky vozu je na obr. 3.3.



Obr. 3.3. Změna momentové charakteristiky motoru řtyštnou převodovkou, a) charakteristika spalovacího motoru; b) charakteristika stupňové převodovky; c) charakteristika momentu na výstupu z převodovky [2]

Na obrázku 3.4 je názorně vidět rozdíl mezi výkonovou hnací charakteristikou motoru a hnací výkonovou charakteristikou řtyštné převodovky, při uvažování stejné účinnosti všech rychlostních stupňů.



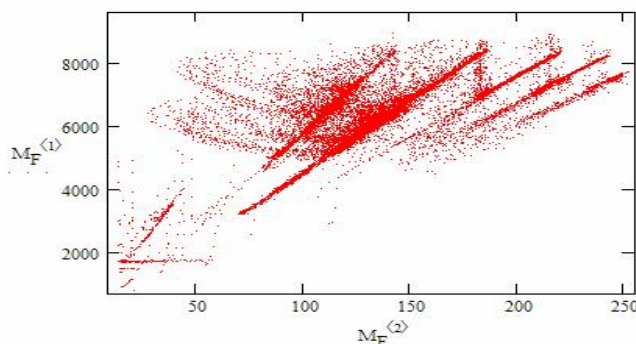
Obr. 3.4. Změna výkonové charakteristiky motoru řtyštnou převodovkou [2]

Jelikož existuje velké množství závodních tratí, tak i výrobci závodních vozidel i specializovaní výrobci závodních pševodovek nabízejí velké množství párů ozubených kol (pševodů). Pro konkrétní trať ale existuje pouze omezené množství pševodových sad, které vyhovují požadavkům optimálního dynamického projevu závodního vozu na dané trati. Jako příklad uvádím v tabulce 3.1 jednotlivé pševodové poměry nabízené firmou Porsche pro vůz typu 911 GT3 RSR.

Pro názornost se nastavení pševodové sady zobrazuje na pilovém diagramu, což je graf závislosti rychlosti vozu a otáček motoru. Na obrázku 3.5 je zobrazen pilový diagram nastavení pševodové sady získaný z naměřených dat.

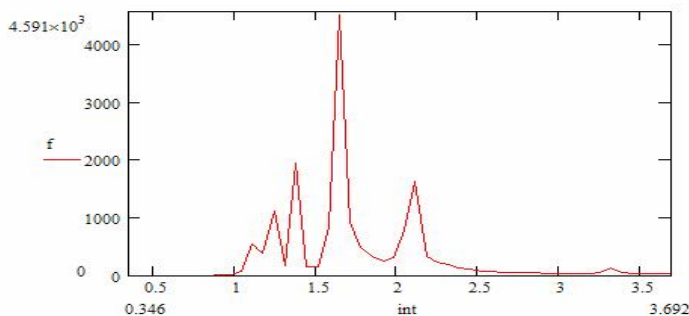
Na zobrazeném pilovém diagramu lze vidět že odstupňování pševodových stupňů neodpovídá ani jednomu pšpadu odstupňování používaného u sériových vozů. Z obrázku také vyplývá že některé pševody se během jízdy téměř nepoužívají například 1. nebo 6. pševodový stupeň, to potvrzuje i následující graf na obr. 3.6

Pilový diagram :



Obr. 3.5. Pilový diagram (zobrazení naměřených nefiltrovaných dat).

Analýzou naměřených dat můžeme zjistit hodnoty jednotlivých pševodových poměrů a četnost jejich šazení při jízdě závodního okruhu. Příklad výsledků takovéto analýzy, je uveden na obrázku 3.6. Na vertikální ose je zobrazena četnost šazení a na ose horizontální lze odečíst hodnoty jednotlivých pševodových poměrů.



Obr. 3.6 Analýza pševodových stupňů, četnost šazení.

The gear ratios available are listed in the following table

GT3 RSR gear ratios			
1 st gear	12/38	3.167	996.302.961.00
1 st gear	16/36	2.250	996.302.961.01
2 nd gear	15/32	2.133	996.302.962.00
2 nd gear	16/32	2.000	996.302.962.9A
2 nd gear	19/36	1.895	996.302.962.8B
2 nd gear	17/30	1.765	996.302.962.01
2 nd gear	19/32	1.684	996.302.962.8C
3 rd / 4 th gear	19/34	1.789	996.302.963.8A
3 rd / 4 th gear	18/31	1.722	996.302.963.00
3 rd / 4 th gear	21/34	1.619	996.302.963.8B
3 rd / 4 th gear	22/34	1.545	996.302.963.8C
3 rd / 4 th gear	22/33	1.500	996.302.963.8D
3 rd / 4 th gear	20/29	1.450	996.302.964.00
3 rd / 4 th gear	20/28	1.400	996.302.963.8E
3 rd / 4 th gear	24/32	1.333	996.302.963.8F
3 rd / 4 th gear	21/27	1.286	996.302.963.8G
3 rd / 4 th gear	25/31	1.240	996.302.964.01
3 rd / 4 th gear	25/30	1.200	996.302.963.8H
3 rd / 4 th gear	22/26	1.182	996.302.963.8J
3 rd / 4 th gear	23/26	1.130	996.302.963.8K
5 th / 6 th gear	21/26	1.238	996.302.965.00
5 th / 6 th gear	25/30	1.200	996.302.965.8A
5 th / 6 th gear	23/27	1.174	996.302.965.8B
5 th / 6 th gear	26/30	1.154	996.302.965.8C
5 th / 6 th gear	23/26	1.130	996.302.965.8D
5 th / 6 th gear	26/29	1.115	996.302.965.8E
5 th / 6 th gear	24/26	1.083	996.302.966.00
5 th / 6 th gear	21/29	1.074	996.302.965.01
5 th / 6 th gear	23/24	1.043	996.302.965.8F
5 th / 6 th gear	24/24	1.000	996.302.965.8G
5 th / 6 th gear	28/27	0.964	996.302.965.8H
5 th / 6 th gear	29/27	0.931	996.302.966.01
5 th / 6 th gear	25/23	0.920	996.302.965.8J

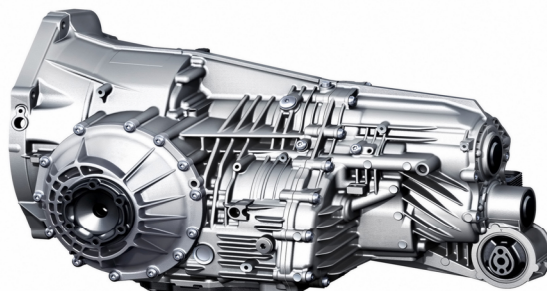
Tab. 3.1 PŠevodové poměry nabízené firmou porsche.

3.2 Cíl nastavení

Snahou techniků a mechaniků závodního týmu je najít takové kompromisní řešení, jehož výsledkem je využití maximálního výkonu motoru na co nejvyšším procentu všech těchto akceleračních rovinek. Cílem je dosažení co nejvyššího času průjezdu okruhu, nebo rychlostní zkoušky.

3.3 PŠevodovka PORSCHE

Čestiň rychlostní sekvenční pŠevodovka je spojena se samosvorným diferenciálem s omezenou svorností a olejovým filtrem a vodo/olejovým chladičem pro potřeby chlazení. Všechny páry pŠevodových poměrů mohou být individuálně nastaveny podle požadavků jezdce, motoru a charakteristik okruhu. PŠevodová kola jsou jedinečně párována a neměly by být zaměňovány. Když je jedno pŠevodové kolo zničeno, pŠevodový pár by měl být vyřazen. Když plníme pŠevodovku olejem poprvé, tedy když pŠevodovku skládáme včetně chladiče. Filtre a olejové vedení jsou suché, je kapacita systému 3,8 litrů oleje. Po následující změně pŠevodového poměru se přidává pouze 3,2 litrů oleje. Výrobce doporučuje používat pŠevodový olej Mobil a Mobilube SHC.



Obr. 3.7 PŠevodovka Porsche

Zdroj:

<http://www.drive.com.au/Editorial/ArticleDetail.aspx?ArticleID=53789&GalleryType=2&ImageID=2&ReferringArticleID=53775>

3.4.1. Montáž pŠevodovky

Montáž pŠední pevné části pŠevodovky redukuje relativní pohyb celkové řadicí dráhy na minimum. Výsledkem je zlepšení manipulace obzvláště během změny zatížení, způsobené aplikací plynu v maximální nebo minimální poloze. Využitím pevné montáže pŠevodovky se snížila úroveň hluku v kabině vozu.

3.4.2. Změna pŠevodů

Vřz je vybaven řesti - rychlostní sekvenční pŠevodovkou což znamená, že všechny pŠevody jsou vybírány sekvenčně. řazení nahoru se provádí táhnutím řadicí páky dozadu a řazení dolů tlakem řadicí páky dopředu. řadicí mechanismus je připojen k pŠevodovce jako tlakové a tahové řadicí lanko. Silový senzor řadicí páky je integrován do řadicí kulisy, když táhnete za páku, aktivuje se přerušení zapalování, tudíž se přeruší chod motoru. To umožňuje mít plný výkon při řazení nahoru.

Pozor! Pro změnu pŠevodu je nezbytné řadit tak rychle jak je to jen možné. řazení pŠevodů přibližně pomalu může způsobit zvýšené opotřebování nebo zničení zubů (na ozubeném kole).

3.4.3. Údržba pŠevodovky

Zde jsou uvedeny doporučené pracovní postupy pravidelně konané kontroly:

- Kontrolujte párová ozubená kola pŠevodových poměrů (pŠevodové ozubení a dráhování v náboji)
- Kontrolujte synchronizační kroužky
- Kontrolujte náboje pŠevodových kol a válcové ložisko pŠevodu před pŠiznaky opotřebení a pitingem.
- Kontrolujte olej před pŠiznaky kovových částí.

Kontrolní práce podle uvedených postupů by se měly provádět poté, co celková doba chodu pŠevodovky dosáhne přibližně 30 hodin:

- Kontrolujte vně ozubeného kola a pastorku před pitingem.
- Vyměňte ložisko pastorku (lůžkové ložisko).
- Vyměňte olejový filtr.

3.4.4. Ozubené kolo a pastorek

Když montujeme ozubené kolo a pastorek, tak by měl být uvedený označený zub na pastorku usazen mezi dva označené zuby na ozubeném kole.

3.4.5. Poznámka

Speciální montážní předpisy pro provoz a údržbu převodovky, a doporučení pro zmožu převodových poměrů jsou zahrnuty do vozidlové dokumentace.

V dnešní době je použití počítačů velmi běžné v mnoha lidských činnostech, a samozřejmě i v motoristickém sportu. Ne vždy je však možné nebo vhodné použití klasického počítače pro účely PC s dostatečnou záznamovou kapacitou. V případě potřeby je vhodným řešením doplnit systém o jednoduché jednoúrovňové zařízení na záznam dat (datalogger), který se připojí přes zvolené existující standardizované rozhraní. Základním požadavkem takového zařízení je dostatečná záznamová kapacita a snadná přenositelnost dat na PC pro další zpracování.

Definice dataloggeru: data logger = datový záznamník.

Datalogger slouží k zaznamenávání dat, obecně jakýchkoliv. Tyto data lze získat pomocí vstupních senzorů, může se jednat například o denní či noční teploty, výšku hladiny řeky, obsah sledovaných látek ve sloučeninách, vlhkosti prostředí a podobně. Zpracování a analyzování dat se provádí na počítači softwarovými nástroji. Cílem této práce je sledování a následné zpracování záznamu jízdních parametrů. Proto se zde zaměřím na dataloggery a diagnostiku dat, z pohledu jízdy po závodním okruhu.

Používání dataloggerů patří do telemetrie, což je vzdálené měření nebo sběr dat. Slovo telemetrie je složeno z kořenů řeckých slov tele = vzdálený a metron = měřit. Data mohou být fyzikální, biologická nebo se mohou týkat prostředí. V motoristickém sportu telemetrie zaznamenává všechny parametry důležité pro sledování vozu na závodním okruhu. To jsou data technického charakteru, například, otáčky kola, otáčky motoru, teploty jednotlivých provozních náplní apod. Pomocí senzorů, nebo i komunikací z řídící jednotkou motoru. Dále mohou být sledována data biologického charakteru jako je sledování biorytmu jezdce a v neposlední řadě záznam jízdy pořízený z kamery umístěné ve voze. Systém je schopen sledovat v závislosti na použitém záznamovém zařízení (dataloggeru) související 127 parametrů.

Jestliže nastavujeme podvozek, motor nebo převodovku bez použití systému datového záznamu (dataloggeru) je dobrý výsledek závislý na schopnostech a zkušenostech techniků a mechaniků. Ti se mohou řídit pouze subjektivními pocity jezdce, například tím co prozrazují zajištění řas nebo stav pneumatik.

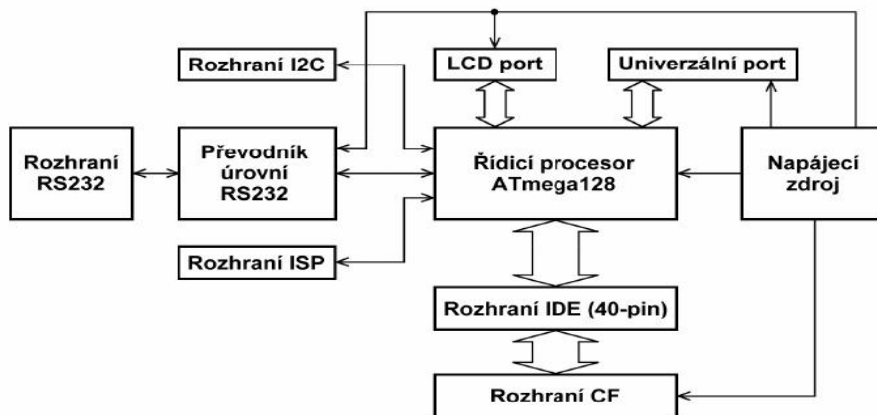
Pokud používáme datový záznam, můžeme pomocí speciálního softwaru, vidět a porovnat jeho výsledky zobrazené v grafech nebo histogramech a přesvědčit se že navržené změny vedou ke zlepšení či nikoliv.

Systém datového záznamu často odhaluje i jinak skrytá fakta o chování auta. Ty mohou vést k novému nastavení vozu a potvrzují nebo vyvrací domněnky jezdce ohledně nastavení vozu. Související systémy sběru dat, umožňují také nahrávat videozáznamy, natáčené kamerami umístěnými ve voze, tyto záběry lze porovnat z daty naměřenými z dalších snímačů sledujících chování vozu.

Použití telemetrie pro nastavení převodovky by mělo vést k optimalizaci převodových poměrů pro dosažení minimálního času jízdy na závodním okruhu a pro dosažení maximálních rychlostí na převážné části okruhu.

Pro správné vyhodnocení jízdní stavy je nutné dokonale znát technické parametry vozu a vyhodnotit všechny informace o okruhu, kde se měření provádí.

4.1 Obecné blokové schéma dataloggeru



Obr. 4.1 Blokové schéma dataloggeru [8]

4.2 Rozdělení dataloggerů

Datové záznamníky (dataloggery) se dělí podle účelu jejich použití na jednoduché a hobby dataloggery, a na složité profesionální dataloggery.

Základní jednoduché dataloggery se používají především k záznamu dosahovaných rychlostí, otáček motoru, slouží především pro šlechtitelské a hobby jezdce. Nejsou vhodné na obsluhu ani na analyzování naměřených dat.

Profesionální dataloggery jsou používány závodními týmy, ve mnoha různých motoristických sportovních disciplínách například závodech na okruzích, závodech do vrchu a rally. Jejich obsluhou a analýzou dat, se v závodních týmech využívají odborníci na analytické systémy a softwar.

Profesionální dataloggery můžeme dále rozdělit, podle jejich konstrukčních možností na ty které mohou nebo nemohou využívat matematické kanály, a podle množství a charakteru jejich vstupů.

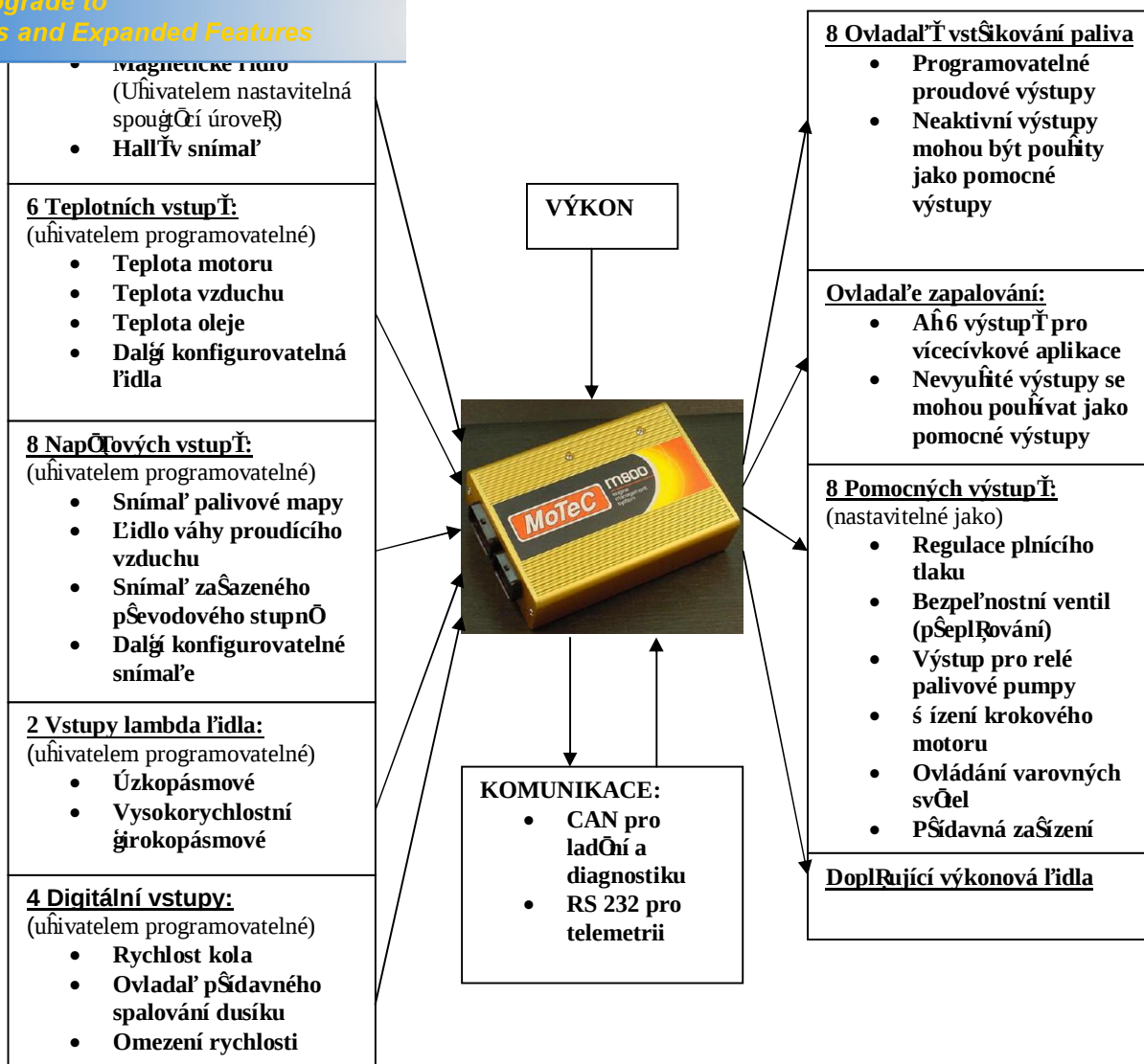
Dataloggery bez matematických kanálů:

Jedná se o dataloggery které slouží pouze k záznamu dat ze snímačů rozmístěných vhodně na vozidle a spojených s dataloggerem kabely.

Dataloggery s matematickými kanály:

Tyto mají na rozdíl, od předchozích možnost počítat hodnoty z měřených veličin a to předem definovaným způsobem.

Počet vstupů je rozdělen výrobcem podle jednotlivých výrobních řád dataloggerů, a také charakterem jejich použití. Jedná se především o rozdělení vstupů na digitální a analogové.



Obr. 4.2 Schéma vícekanálového dataloggeru [7]

4.3 Základní typ dataloggerů

Mychron light TG

Jedná se evolucí vývoje pšstrojů řady MYCHRON Light MCL. Má nový displej s výrazným rozlišením a dobrou řitelností 128 x 64 pixelů. Volitelný doplřkový USB kabel (300 kb/s) mřžeme nahrávat data do PC pro další vyhodnocování pšpadmř pro upgrade pšstrojového firmwaru. 128 kB vnitřní paměť zaručuje velkou kapacitu až 1200 kol.

Charakteristika:

- velmi zjednodužený a pšhledný pšstroj
- gumová tlačítka
- rozměr: 82 x 62 x 24,5 mm
- displej 61 x 31,4 mm
- displej rozlišení 128 x 64 pixelů

- možnost podsvícení (včetně):
 - modrý podsvícení
 - zelený nepodsvícení
- zdroj: interní 6 V, externí 7 ÷ 15 V
- vestavěné hodiny a kalendář a další funkce pro poznámky
- uložení až 50 okruhů
- histogram řas
- USB kabel pro rychlostní přenos dat
- Nastavení mezi řas
- Až 1200 kol v paměti
- vodotěsný
- přehledná a jednoduchá konfigurace

• Použití:

- universální auto, moto, kart, supermotard, quads, ultra-light aircraft, minimoto

• Varianty:

MYCHRON Light TG ÷ lap timer

MYCHRON Light RG ÷ lap + RPM

MYCHRON Light SG - lap + RMP + speed



Obr. 4.3 Datalogger Mychron [6]

4.4 Vícekanálové dataloggery

Datalogger AiM EVO 3

EVO 3 je ale výkonný měřicí přístroj pro sběr dat a jejich další analýzu pomocí softwaru Race Studio 2. Jeho hmotnost je pouhých 400g, je vodotěsný a jeho rozměry jsou 100x71x38 mm. Vyrábí se ve verzích (4-8-13) vstupních analogových kanálů, analogové vstupní kanály: teploty, tlaky, potenciometry, Lambda, libovolné senzory externí gyroskop, G-senzor, Lambda atd. Mimoto obsahuje 2 osový akcelerometr pro vykreslení mapy okruhu. EVO3 může být propojen s různými zobrazovacími panely z nabídky AIM.

• Základní sestava obsahuje:

RPM senzor, Speed senzor, IR senzor, standardní propojení

• Specifikace:

- rozměry: 100x71x38 mm
- hmotnost: 400g
- zdroj externí: 8 ÷ 15



Obr. 4.4 Datalogger AiM EVO 3[6]



Obr. 4.5 Datalogger RDL 16/35 [4]

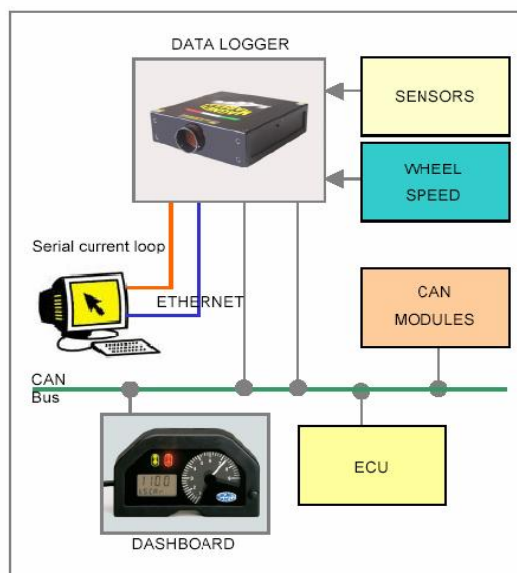
RDL 16/32 je datalogger vyvinut firmou Magneti Marelli pro závodní účely obsahující velmi rychlou ethernetovou linku určenou ke stažení dat.

Mezipojení s výrobkem může být uskutečňeno pomocí CAN linek asynchronní proudovou smyčkou sériového rozhraní.

Výrobek obsahuje výkonný RISC mikrovladač a FPGA pro diagnostické účely.

RDL 16/32 je proveden s analogovými vstupy obsahující: teploty a lineární lambda sondu. Mimoto zařízení obsahuje spouštěč měření času okruhu a vstupy rychlosti kol.

Schéma aplikace:



Obr. 4.6 Schéma zapojení daloggeru RDL16/35 [4]

STACK: Wi-Fi Logger & Downloader

Bezdrátový komunikační systém Stack Wi-Fi, umožňuje uživateli stahovat zaznamenávaná data ze vzdálenosti až 45 metrů. Pokud je vřiz, v této vzdálenosti datový sběr se automaticky spustí. Výhodou je, že zvyšuje kvalitu existujících systémů.



Obr. 4.7 Stack Wi-Fi [5]

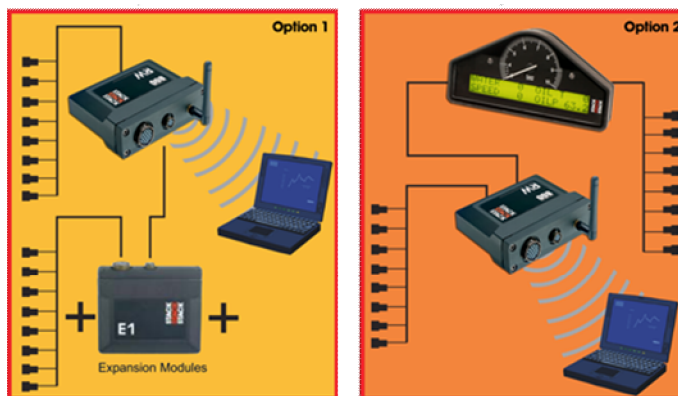
Hlavní vlastnosti:

- Bezdrátové spojení mezi dataloggerem a PC
- Volitelné automatické stahování pokud je PC v dosahu 45m.
- Volitelné varovné hlášení problému automaticky po stažení dat
- Wi-Fi konfigurace používající standardní XP OS vlastnosti

Specifikace:

- Maximální počet fyzikálních kanálů 15 rozšiřitelných na 128
- GPS prostředí NMEA 16 kanálové
- Wi-Fi stahovací prostředí 802.11 b/g
- GSM/GPRS možnost dosažitelného stahování
- Možnost stahování telemetrie v reálném čase
- Vnitřní zdroj napájení NiCad baterii
- LCD displej sada
- Rozšiřitelnost paměti až na 32 MB
- Paměť garantuje uchování dat na více než 5 let

Schéma aplikace:



Obr. 4.8 Schéma zapojení STACK Wi-Fi [5]

4.5 Zobrazovací panely:

Zobrazovací panely slouží k přímému zobrazení naměřených dat, a to na zobrazovací panel umístěný v kokpitu vozu, případně tento panel umístěn přímo na volantu. Lze obsahují nastavitelné funkce, které se poté zobrazují (např. varovné hlásky).

je nový, výkonný, profesionální, high-tech měřicí přístroj, umožňující uživateli přehledné zobrazení vybraných parametrů velkými číslicemi. MXL PISTA s AMP konektorem obsahuje tachometr, 1 RPM vstup (otáčky), 8 analogových vstupů (teploty, tlaky, potenciometry, Lambda sonda, Apn-board a další uživatelské senzory), 1 vstup rychlosti, zobrazení dosaženého času, a zobrazení zadaného rychlostního stupně který je určen senzorem nebo z výpočtu otáček a rychlosti.

• Charakteristika:

- rozsáhlý displej s podsvícením
- grafické a numerické zobrazení otáček
- nastavitelný rozsah otáček
- 1 RPM vstup
- integrovaný G sensor
- 8 analogových vstupních kanálů: teploty, tlaky, potenciometry, Lambda, libovolné senzory
- 1 rychlostní vstup
- zobrazení rychlostního stupně
- možnost připojení GPS systému
- Can protocol for external expansion modules
- 10 LED nastavitelných kontrolek
- 6 LED alarmů max/min
- rychlostní USB přenos dat do PC a software Race Studio 2 analysis
- IR vysílač a přijímač
- časy na okruh
- nastavitelný počet mezí časů
- 8 MB non volatile memory
- kalendář a hodiny
- internal data acquisition systém
- denní a celkové pořítadlo
- vodotěsný
- pevná a lehká hliníková konstrukce

• Specifikace:

- rozměry: 174x110 mm
- displej: 140x670 mm
- externí zdroj: 9 až 15 V
- 8 MB nevolitelná paměť



Obr. 4.9 MXL Pista [6]



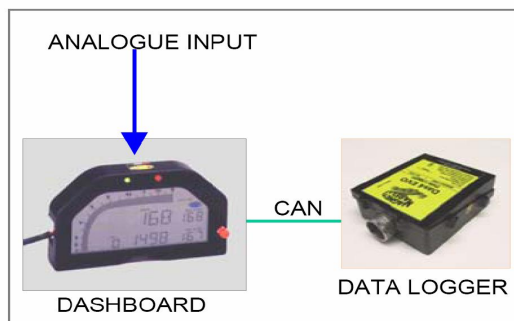
Obr. 4.10 MT940/1 [4]

MT940/1 je kombinace palubní desky a vstupního modulu jako samostatná jednotka nebo jako část získávání kompletních dat a monitorovací systém pro náročné prostředí v motoristickém odvětví.

MT940/1 je kompletně vybaven řadou analogových a digitálních vstupů a třístránkovým LCD s pěti okénky pro lehkou konfiguraci a individualizaci obrazovkových projektů. Grafický tabulkový indikátor je typicky použit k ukázkě otáček motoru. Jako součást datového "získávacího" a telemetrického systému, MT940/1 může komunikovat pomocí CAN sítí řadou data loggeru přijímajících a ukazujících data z loggeru jako velmi významný a přídavný vstupní modul.

Podsvícené a voděodolné verze v nabídce také.

Schéma aplikace:



Obr. 4.11 Schéma zapojení dashboardu MT940/1 [4]

Datový displej SDU102



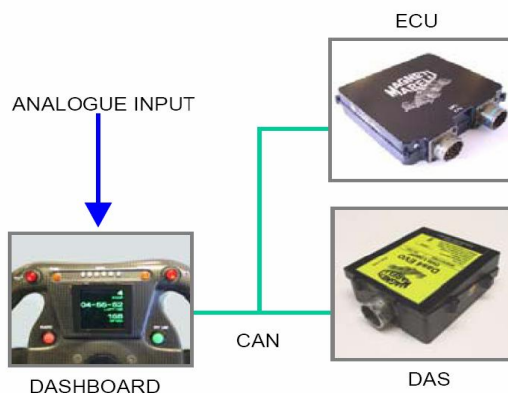
Obr. 4.12 Závodní volant s Dashboardem STU 102 [4]

LEDky a vstupního modulu jako samostatná jednotka nebo jako součást získávání, kompilace dat a monitorovací systém.

Obsahuje sedm stránek: čtyři pro data, jedna pro okruh, jedna pro čas na kola a jeden pro výstražné zprávy. LEDky jsou určeny pro ukázkou otáček motoru a monitorování ostatních podmínek.

Jako součást datového "získávacího" a telemetrického systému, SDU102 může komunikovat pomocí CAN sítí s řadou dataloggeru nebo ECU přijímajících a ukazujících data z loggeru jako satelitní modul.

Schéma aplikace:



Obr. 4.13 Schema zapojení SUD 102

MyChron Formula volant s displejem a systémem zpracování dat.



Obr. 4.14 Volant MyChron Formula se zabudovaným zobrazovacím panelem. [6]

Tento speciální volant má zabudovaný displej systému zpracování dat. Navržený pro podporu dataloggerů AiM EVO3 Pista nebo AiM EVO3 Pro. Černě anodizovaný hliníkový volantový panel má plnofunkční digitální displej s mnoha dalšími funkcemi.

- Pět postupných řadících LED diod.
- Čtyři varovná LED světla.
- Čtyři nezapojená pověrnostním vlivům odolávající tlačítka nastavitelná pro ovládání funkcí nesouvisejících se systémem zpracování dat.
- Čtyři pověrnostním vlivům odolávající tlačítka pro ovládání systému zpracování dat.
- Pohodlné sevření volantu pokryté černým semišem.

nt široký 280 mm a vysoký 230 mm s drhady potaženými
remným schémem. Displej na tomto volantu vyžaduje datalogger AiM EVO3 prodáváný
odděleně

STACK 8600



Obr. 4.15 Volant se zobrazovacím panelem a systémem ovládání. [5]

Nejnovější displejový systém od firmy Stack představuje poslední digitální technologie na
středové ploše volantu, jehož rukojeť je potažena semíkem. Vyrábí se ve dvou rozměrech
270mm pro formulové vozy a 340mm kruhový volant pro sportovní vozy (sedany).
Tato jednotka je ideální pro situace kde konvenční systém zpracování dat nemůže být
jednoduše zapojen

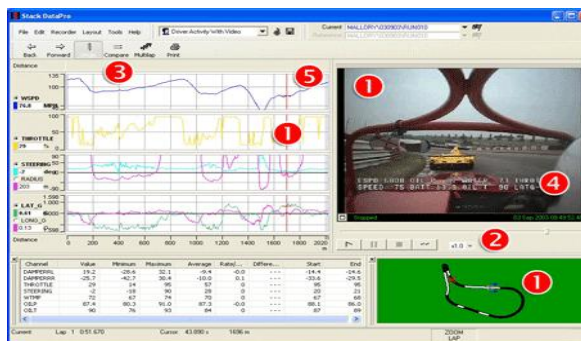
Standardní vybavení:

- Hlášky všech motorových parametrů.
- Systém pamatující si všechny vrcholy hodnot jednotlivých parametrů.
- Vysoce intenzivní LED diody na volantu.
- 9 stupňů sekvenčního přepínání svítelnosti tachometru.

Volant, který nahrazuje komplet s ovládacím modulem a všemi senzory a je propojen
speciálním konektorem (Mil-spec). Je plně kompatibilní se všemi řadami Stack data
akustický systém.

4.6 Použití softwaru

Analýza dat obsahuje všechny funkce používané k prohlížení a pochopení nahraných dat.
Základní funkce analýzy jsou diagramy, histogramy a vytvášení map okruhů.



Obr. 4.16 Analytický softwar Data Pro V5. [5]

Ke snadnému pochopení naměřených dat je výhodné použít analytický softwar, který je často
v nabídce výrobce dataloggerů. Jako příklad je na obr. 4.16 zobrazen analytický softwar firmy
STACK. Tento softwar umožňuje zobrazit spolu se záznamy ze senzorů i nahrané video
záběhy z vozu.

1. Všechna zobrazená okna jsou dynamicky provázána, video záběr se okamžitě zobrazuje při kliknutí myši na jakékoliv místo trati na pás zaznamenaných hodnot v diagramu.
2. Přehrávání videa a zvuku lze provádět rychlostí v rozmezí 0,1 až 2 násobku původní rychlosti záznamu. Myš lze vybrat bod v datech, od kterého chceme záznam sledovat.
3. Synchronizace videa s ujetou dráhou umožňuje vizuálně srovnat rozdíly v datech z jednotlivých okruhů.
4. Uživatel může konfigurovat data, která se mohou nahrávat synchronizovaná spolu s videozáznamem například na DVD.
5. Data a videozáznam jsou spojitě synchronizována skrze záznam, což umožňuje automatický import a synchronizaci datových souborů na PC s využitím pomocného přivodce s možností uživatelského zásahu.

4.6.1 Analýza dat

Diagramy jsou nejčastěji cestou k analýze dat, na svislé ose ukazují nahrané hodnoty a na vodorovné ose čas, vzdálenost nebo frekvenci.

4.6.2 Frekvenční analýza

Frekvenční analýza je založena na Fourierově teorému.

Normální cestou k znázornění sinusoidy v závislosti na frekvenci je zobrazení dvou rozdílných diagramů, jednoho pro amplitudu a druhého pro fázi. Nazývají se spektrum amplitud a fázové spektrum. Další aplikací frekvenční analýzy je výpočet výkonového spektra signálu. Výkonové spektrum je velmi užitečné, protože umožňuje analyzovat charakteristickou frekvenci signálu. U vozidel je toto velmi zajímavé pro analýzu tlumičů.

4.6.3 Hlavní sledované veličiny

Současné měřicí přístroje umožňují snímání, záznam a vyhodnocení mnoha různých veličin, které vyhodnocujeme samostatně nebo nám slouží ke zkoumání zajímavých vlastností vozidla nebo jeho částí.

4.6.4 Nejčastěji zaznamenávané hodnoty

Mezi nejčastěji zaznamenávané hodnoty patří především otáčky motoru, otáčky kola (rychlost), dráha vozidla a mapa okruhu, čas na okruh, teploty vody, oleje, výfukových plynů, pneumatik. Tlaky například v airboxu, v brzdovém okruhu, pohyb součástí. Pomocí úhlových a lineárních potenciometrů lze zaznamenávat hodnoty na libovolném snímači, například otevření plynu, poloha volantu, pohyb táhel, tlumičů atp. Pomocí univerzálních analogových vstupů lze zaznamenávat hodnoty na libovolném snímači, například hodnoty na Lambda sondě apod.

Technické možnosti digitálních přístrojů jsou téměř neomezené a mohou pracovat s více než stovkou vstupních kanálů. Zvolený přístroj by měl vždy odpovídat požadavkům a potřebám uživatele.

Snad každý závodník považuje za nejdůležitější přístroj otáčkoměr, ale zobrazení aktuálních otáček motoru je jen zlomkem toho, co nám může prozradit záznam průběhu otáček a další analýza a vyhodnocování. Mezi základní funkce vyhodnocovacího softwaru patří HISTOGRAM OTÁČEK, který zobrazuje, jak velké procento využití mají různé otáčky motoru.

Z těchto údajů můžeme zjistit, jestli využíváme motor skutečně otáčkách, v nichž podle údajů z motorové brzdy pracuje nejlépe, zda je zvolený správný převod a také jestli jezdec dává plný plyn.

Rychlost vozidla:

Podobně jako otáčky motoru sleduje jezdec rychlost vozidla na ukazateli. To si ale může pamatovat maximální rychlost v cílové rovině, v zatáčce nebo v různých okamžicích na trati. Toto všechno a ještě mnohem více nám umožňuje záznam rychlosti během jízdy po okruhu, případně konkrétních úsecích. Tento záznam nám vydá mnoho informací o pohybu vozu, ale mnohem více možností nám nabízí v porovnání s dalšími veličinami, zejména otáčkami motoru, dráhou a řásem.

Měření řásu:

Nejčastěji je využíván systém IR vysílače (u dráhy) a přijímače (na vozidle). Protnutím IR paprsku dojde k impulsu pro stopky. Na některých okruzích se využívá magnetický prouhek v zemi.

Mapa okruhu:

K vykreslení mapy okruhu se využívá u motocyklů gyroskop (náklon), u automobilů a motokár vestavěný snímač příčného zrychlení.

Tyto snímače umí vyhodnotit úseky tratě umí tedy vykreslit tvar a rozdělit trať na úseky (rovinky, zatáčky). Pomocí této vlastnosti můžeme sledované veličiny vyhodnocovat nejen na celé kolo, ale i v každém konkrétním úseku.

4.6.5 Příklad softwaru

Existuje celá řada softwarových aplikací analytických systémů od různých výrobců telemetrie, pro zpracování dat získaných během jízdy datovým záznamníkem (dataloggerem). Mezi nejznámější patří:

- Race Studio 2 (Aim)
- Data Pro V5 (Stack)
- Wintax Team (Magneti-marelli)
- i2 Data analysis (Motec)

Popis:

TEAM licence staví na úplné paletě data-analytických nástrojů nabízených Wintaxem a poskytne speciální vzhled který je nezbytný pro profesionální závodní team. Každá licence může být přizpůsobena specifickým potřebám teamu, hodícím se individuálním záznamům a požadavkům analýzy. Pokud uživatelé mají možnost připojení různých speciálních modulů: soubor může se na vstupní data, TelDataX rozhraní pro čtení Wintax archívu podporuje telemetrii v reálném čase a další. Pokud uživatel pracuje, s nějakou citlivou oblastí Team licence zaručí, že zkoumaná data nemohou být ostatní uživatelé, heslem chráněná instalace, vám dává kontrolu nad tím kdo má přístup k datům.



Obr. 4.17 Zobrazení načtených dat softwarem Wintax Team. [4]

Hlavní rysy:

- Zobrazení vzdálenosti a času.
- XY & XYZ náčrt zobrazení, zprávy z kola, mapa okruhu, histogramy, PSD spektrum, tendence kolo za kolem.
- Srovnání dat kolo za kolem.
- Kurzor spojuje pozici na trati s daty bodu v grafu.
- Editor matematických kanálů.
- Auto-stahovací funkce automaticky stahuje poslední data, jakmile je záznamník připojen na PC.
- Datový export do ASCII, dvojkového a DTX formátu.
- Stahovací rozhraní pro MM záznamník. (CAN nebo Ethernet)
- Více-uživatelské nastavení
- Automaticky bítový archív vedení.
- Kompatibilní s TelDataX datovým rozhraním a doplňky.
- Datová ochrana

Výhody:

- Úplné provedení funkční analýzy.
- Nastavitelné rozvržení obrazovky a grafů.
- Rychlé a jednoduché použití.

- Podporuje telemetrii (úzká skupina)

Technická podpora:

- Schopnost rozvinout řešení dle požadavků zákazníka.
- Osobní podpora (rady, upevnění, atd.).
- Každoroční aktualizace na obnovení licence.
- Více-uživatelská licence.

Typické použití:

- MotoGP, WSBK, Cestovní vozy, GT, Rally

Hlavní charakteristiky:

Hlavní plocha obrazovky může obsahovat jakékoli kombinace grafů nebo zpráv, ve kterých zaznamenávaná data mohou být prezentována v odlišných formách (směrech). Běžně používaná kombinace analytických oken může být zaznamenána jako uživatelem definovaná struktura.

Grafy:

Okno grafů vám dovolí zobrazit libovolný z 20 kanálů a to v závislosti na lase nebo dráze.

- Rozdílné režimy zobrazení vám dovolují porovnávat ve vhodné detailní analýze.
- Vysoké zvětšování a vzhled kurzoru pomáhají zaměřit se na detaily v datech.

Zobrazení XY & XYZ souřadnic:

XY okno se používá na analýzu z nejvyšší rychlosti kanálů, které jsou s ostatními zaměřitelné. XYZ grafy mají barevné obrysy ukazující jak se mění společně kanály.

Virtuální kanály:

Virtuální kanály jsou vytvářeny z uživatelem definovaných funkcí z daných kanálů zaznamenaných dat. K dispozici jsou rozsáhlé varianty úprav exponenciálních, Booleovských a algebraických funkcí.

Tenderní okno:

Tenderní okno se používá pro zobrazení trendu kolo za kolem z kanálové statistiky (podobně jako min., max., průměrné hodnoty) a data konce kola pro zajištění celkového pohledu na souhrn jízd nebo sezóny.

Zprávy z kola:

Souhrn důležitých parametrů kola za kolem, volně nastavitelné pro zobrazení min., max., a průměrných hodnot z libovolných kanálů, stejně jako hodnoty startu a konce kola.

Histogramy:

Histogramové záznamy mohou být časové i procentní.

Okno kanálů:

Rychlá cesta ke sledování hodnot, kdy pozicí kurzoru zobrazíme hodnoty ze všech zaznamenaných kanálů dohromady.

Okno okruhu:

Zobrazuje pozici auta na dráze odpovídající pozici kurzoru (ukazatele). Okruh je vytvořen ze základních záznamových kanálů: pššlné zrychlení, rychlost a vzdálenost.

PSD analýzy:

(Power Spectral Density) ň okno se používá na zobrazení frekvenlních řástí (charakteristik) kanálového signálu.

Podmínky:

Logické podmínky (otálky motoru ($\text{rpm} > 300$)) mohou být použity pro zakázání nebo povolení signalizace nebo na odfiltrování dat z XYZ grafů.

Signalizace:

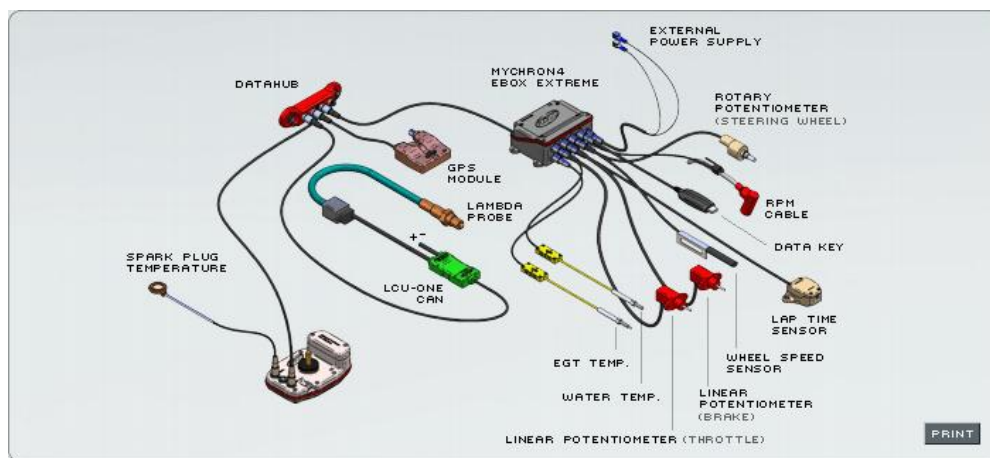
Výstražné okno se používá pro odhalení kritických okolností na ňkterých kanálech. Barevný textový rámek upozorní na všechny výstrahy, ukazuje hodnoty a jména každého kanálu, který se dostává přřbŇŇmimo rozsah kola.

Minimální PC požadavky:

- PC x86, Windows 95/98/ME/2000/XP
- Ethernetové TCP/IP sířové rozhraní
- Jeden volný PCMCIA slot (pro CAN kartu)

4.7 Pššklady snímařů

Na obr. 4.18 je znázornŇno mořné zapojení senzorů snímajících specifické fyzikální veličiny, jeř charakterizují chování vozu jako celku a jednotlivých sledovaných řástí.



Obr. 4.18 Zapojení senzorů mŇřících sledovaná data ze závodního vozu. [6]

Optický vysílač, který se umísťuje u trati pro vyznačení okruhu



Obr. 4.19 IR vysílač. [6]

- IR přijímač



Obr. 4.20 IR přijímač. [6]

- Magnetický přijímač
magnetická páska v zemi



Obr. 4.21 Magnetický přijímač. [6]

- Snímač rychlosti předního kola
Magnet se instaluje zevnitř dílu předního kola mezera 3 až 5 mm



Obr. 4.22 Snímač rychlosti předního kola. [6]

- Snímač rychlosti zadní osy
Kabel 1700 mm, mezera do 10 mm



Obr. 4.23 Snímač rychlosti zadní osy. [6]

- Kroužek na zadní osu
pro zadní osu motokáry D = 50 mm, 45 mm, 40 mm, 30 mm a 1 1/4"



Obr. 4.24 Kroužek na zadní osu. [6]

Snímač otáček, instaluje se na kabel svíčky



Obr. 4.25 RPM clip. [6]

- **Teplota vody PT 100**
(rozsah teplot 0 až 150 °C)



Obr. 4.26 Senzor teploty vody. [6]

- **Teplota výfuku EGT**
termočlánek 0 až 1000 °C



Obr. 4.27 Senzor teploty výfuku. [6]

- **Vložka pro teploměr vody M5**



Obr. 4.28 Vložka pro teploměr vody. [6]

- **Teplota hlavy CHT**
(0 až 300 °C)



Obr. 4.29 Senzor teploty hlavy motoru. [6]

- **Snímač natočení volantu**
sestava pro MYCHRON3 Extreme



Obr. 4.30 Snímač natočení volantu. [6]

Dynamického chování vozu

Jedná se o traktální model dynamického chování vozu, v této části se zaměřím na model vyvíjející akceleračních a brzdných charakteristik ve specifických úsecích trati.

5.1 Důvody vytvoření matematického modelu

Při analýze chování vozu během jízdy můžeme modelovat různé děje probíhající iasto současně. Pro nastavení určité převodové sady je nejpodstatnější chování vozu při zrychlování a brzdění a šazení na definovaných úsecích závodního okruhu.

Z tohoto důvodu jsem vytvořil model, který vyvíjí matematických souvislostí mezi působením sil a momentů mezi kolem a motorem vozidla, jež se realizuje přes převodové ústrojí.

5.2 Důvody použití jednotlivých zjednodušení

Na reálné vozidlo pohybující se v reálném prostředí působí mnoho vnějších vlivů, pro potřeby vytvoření virtuálního modelu vozidla pohybujícího se libovolné dráze, která není jednoznačně specifikovaná je potřeba uvažovat určitá zjednodušení reálných dějů. Na model dynamického chování, který zde používám, působí síly hnací a brzdné. Jako jediný jízdní odpor působící na model vozu uvažuji pouze odpor vzdušný, jehož hodnota při jízdě vzrůstá s kvadrátem rychlosti. Ostatní jízdní odpory, odpor valivý, odpor stoupání a odpor zrychlení zde zanedbávám.

Hnací síla je definována průběhem momentové charakteristiky v určitém otáľkovém spektru. Při použití modelu v optimalizujícím programu se používá několik různých momentových charakteristik, pro každý sledovaný úsek závodní trati je vždy jedna hnací momentová charakteristika, analyzovaná ze vstupních dat. Pro použití těchto momentových charakteristik není důležité, zda přesně odpovídají momentové charakteristice motoru naměřené na motorové brzdě sterilních podmínkách. Podstatný je průběh těchto charakteristik v otáľkovém spektru. Do rozdílných průběhů jednotlivých charakteristik je zahrnutý jak valivý odpor, tak i odpor stoupání.

Získání takovéto charakteristiky je dáno výpočtem při analýze dat, kde jsou tyto odpory také zanedbány. V praxi to znamená, že hodnoty momentové charakteristiky kopírují výřkový profil trati, to znamená, že v případě kdy se vůz pohybuje ve stoupání, jsou hodnoty momentové charakteristiky nižší oproti skutečným hodnotám momentu motoru a při klesání jsou zase tyto hodnoty vyšší. Při použití tohoto modelu nemusím znát detailní výřkový profil trati a mohu provádět testování na jakékoliv i neoficiální trati. Hodnoty brzdné síly jsou získávány obdobným způsobem, pro každou momentovou charakteristiku je analyzována specifická brzdná síla z brzdných úseků závodní trati.

5.3 Popis dynamického modelu dvounápravového vozidla

V této části jsou popsány fyzikální veličiny popisující dynamický model dvounápravového vozidla. Obecný popis modelu je zde uveden z důvodu pochopení souvislostí matematického popisu fyzikálních dějů.

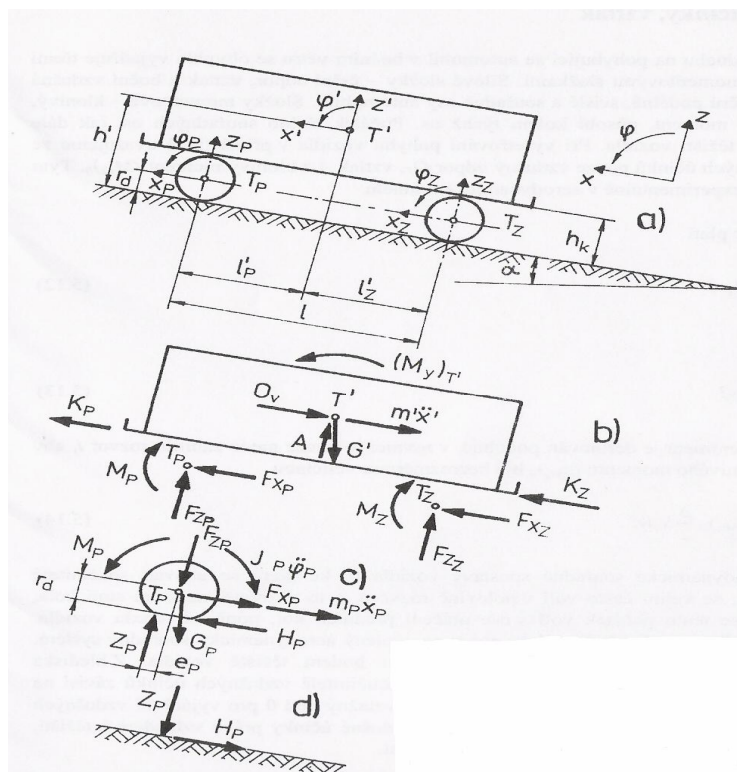
Model vozidla můžeme rozdělit podle obr. 5.1 na jednotlivá samostatná tělesa, je to karoserie a přední a zadní náprava. Dynamický model vozidla je rovinný, předpokladem je, že působení hnacího momentu a brzdě síly je stejné na levých i pravých kolech. Pohyby každého tělesa jsou určeny souřadnicemi x, z, φ . Předpokladem zjednodušení je, že nedochází ke svislým kmitavým pohybům a karoserie se nehoupá a tíha vozu působí v těžišti karoserie.

Celkový jízdní odpor určíme sečtením jednotlivých odporů. Hnací síla na kolech potřebná k překonání jednotlivých jízdních odporů je:

$$F_h = O_f + O_v + O_s + O_z \quad (5.1)$$

Dosadíme-li, za jednotlivé jízdní odpory dostaneme

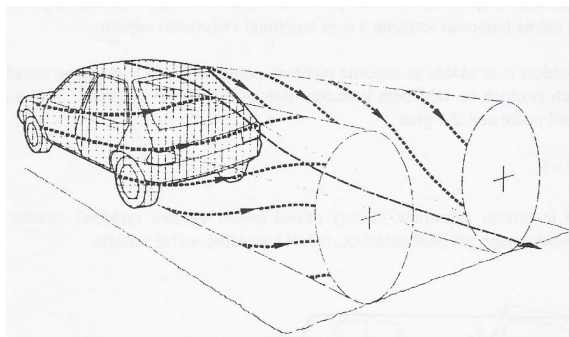
$$F_h = f \cdot F_G + c_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S_x \cdot v^2 + s \cdot F_G + 9 \cdot \frac{\ddot{x}}{G} \cdot F_G \quad (5.2)$$



Obr. 5.1. Dynamický model dvounápravového vozidla: [2]

- poloha těles a souřadné systémy;
- síly a momenty na nápravě;
- síly a momenty na nápravě kolech;
- síly působící na vozovku.

Pokud se vozidlo pohybuje, proudí část vzduchu kolem horní části karoserie a část se protlačí prostorem mezi spodní částí vozu a povrchem vozovky. Vzduchové proudnice se za vozidlem neuzavírají, ale nastává víření, obr. 5.2. Takto vzniká vzdušný odpor O_v . Velikost této síly se určí z výslednice normálových tlaků vzduchu působících na povrch karoserie a těsících sil, jenž působí v tečném směru proudění vzduchu kolem karoserie. Vzhledem k tomu že tlak nad a pod vozidlem není stejný (nad velký podtlak, pod vozidlem mírný přetlak) dochází k víření vzduchu v příčné rovině vozidla, což je část celkového vzdušného odporu. Celkový vzdušný odpor vozidla se skládá také z odporů, které vznikají při přechodu vzduchu chladícím a vracím systémem a odporů vznikajících vířením a těsním vzduchu u otáčejících se kol vozidla.



Obr. 5.2. Vzduchové proudy za vozidlem. [2]

Celkový vzdušný odpor vozidla se určí z aerodynamického vztahu:

$$O_v = c_x \frac{\rho}{2} S_x v_n^2 \quad (5.3)$$

v_n – výsledná (náporová) rychlost proudění vzduchu kolem vozidla

S_x – celková plocha vozidla

ρ – hustota hmotnosti vzduchu

c_x – součinitel vzdušného odporu

Náporová rychlost v_n je složena ze záporné rychlosti pohybu vozidla v , touto rychlostí vozidlo projíždí klidný vzduch (vzduch se vzhledem k vozidlu pohybuje relativní rychlostí $\vec{v}_n$) a z rychlosti větru v_v :

$$\vec{v}_n = \vec{v} + \vec{v}_v \quad (5.4)$$

Ve virtuálním modelu dynamického chování vozu je uvažována pouze rychlost $\vec{v}$, rychlost vzduchu v_v , je zanedbávána.

Hustota hmotnosti vzduchu ρ je závislá na teplotě tlaku vzduchu. Ve výpočtu uvažujeme $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$, což platí pro tlak vzduchu $p_0 = 1,013 \text{ bar}$ (101,3 kPa) a teplotu $t_v = 15 \text{ °C}$.

se získá řádná projekce vozidla.



Obr. 5.3. Zjištění řádných ploch vozidla projekcí. [2]

Součinitel odporu vzduchu c_x je závislý především na tvaru vozidla. Hodnoty odporu vzduchu c_x se zjišťují měřením na modelech vozidel nebo na skutečných vozidlech v aerodynamickém tunelu. Pokud odpor vzduchu měříme na skutečném vozidle je výsledek samozřejmě přesnější, především stojí-li vozidlo na válciích a kola se otáčejí. Správný tvar přední části vozidla umožňuje u osobních vozidel docílit hodnot vzdušného odporu c_x kolem 0,3. Dobře řešená spodní strana vozidla (tvar spodní části karoserie, krycí plechy motoru atd.) zmenšují součinitel c_x přibližně o hodnotu 0,05.

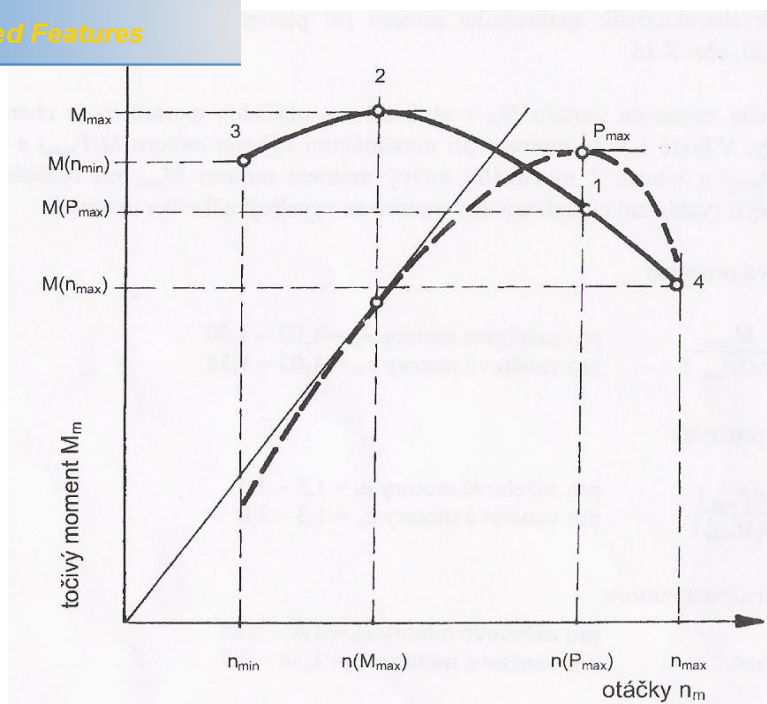
U sportovních vozidel bývá hodnota součinitele c_x zpravidla vyšší, než u sériového vozu stejného typu což je způsobeno přidáním mnoha aerodynamických prvků, větším aerodynamickým odporem širokých pneumatik, nutností využít vyššího procenta proudícího vzduchu ke chlazení brzd a provozních tekutin (olej, voda apod.) a potřebou přivádět více vzduchu k sání a chlazení motoru.

5.4 Charakteristika spalovacího motoru

Při výpočtu hnací síly na kolech vozidla F_K vycházíme z rychlostní charakteristiky spalovacího motoru při plném zatížení (tzv. vnější rychlostní charakteristika).

Přiblížení točivého momentu motoru M_m v závislosti na otáčkách motoru n je charakterizován momentem při maximálním výkonu motoru $M(P_{max})$ a příslušných otáčkách $n(P_{max})$ a maximálním točivým momentem motoru M_{max} při otáčkách $n(M_{max})$.

Spalovací motory vozidel mohou být nepružné, málo pružné, normální, velmi pružné a vysoce pružné. Pružností motoru rozumíme schopnost motoru pracovat co nejdéle na stabilní úrovni momentové charakteristiky. Stabilní úroveň momentové charakteristiky je oblast mezi otáčkami motoru $n(M_{max})$ a n_{max} , v nichž se při poklesu otáček zvyšuje točivý moment motoru. Labilní úroveň momentové charakteristiky je oblast mezi otáčkami n_{min} a $n(M_{max})$.



Obr. 5.4. Vnější charakteristika spalovacího motoru. [2]

5.5 Brzdění

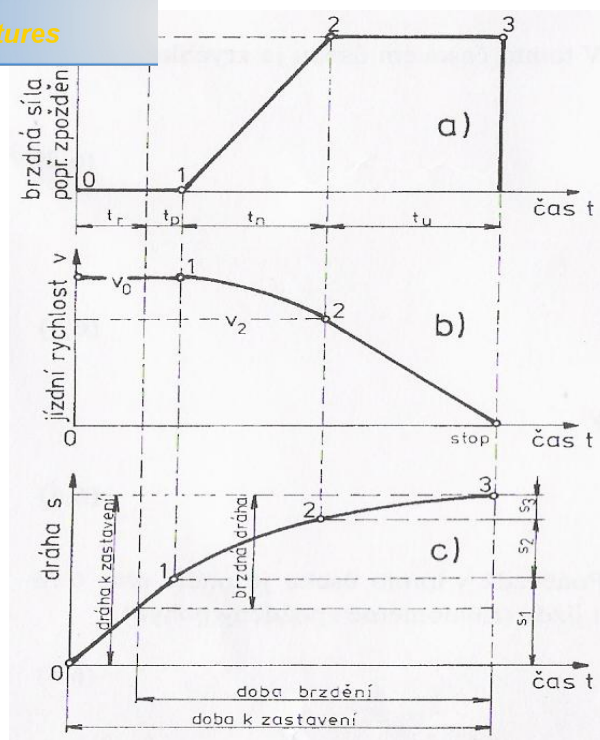
Brzdění se dá obecně popsat jako záměrné snižování rychlosti vozidla nebo zamezení rozjetí stojícího vozidla. Pro následný model virtuálního chování vozu je podstatné především záměrné a intenzivní snižování rychlosti vozu.

Brzdícího účinku je dosahováno zpomalováním otáčejících se kol. Vzájemným působením třecích elementů brzd, je docíleno toho, že na vozidlová kola je působěn brzdný moment, který vyvolá mezi koly a vozovkou vodorovné reakce směřující proti směru jízdy.

5.5.1 Průběh brzdění

Průběh brzdění je znázorněn na obr. 5.5, pro potřeby vytvoření virtuálního modelu dynamického chování vozu, je podstatný děj probíhající mezi body 1 a 2 na obrázku. Reakční doba šdíl'e li prodleva brzdění je ve virtuálním modelu zanedbána.

Při výpočtu předpokládáme, že nástup brzdného účinku je okamžitý, neprojevuje se doba náběhu brzdění a účinnost brzd během brzdění se nemění, tzn. průběh brzdné síly je konstantní.



Obr. 5.5 Průběh brzdění, a) zpomalování vozidla; b) rychlost; c) dráha. [2]

5.6 Virtuální model dynamického chování vozu

Dynamické chování vozu je pro modelování zjednodušeno na akceleraci, brzdění a zpomalovací pohyb vozu během šazení. Tyto dynamické děje se odehrávají vždy v jednotlivých charakteristických úsecích závodní trati. Charakteristickým úsekem trati je myšlen převážně rovinný úsek, nebo úsek s velkým poloměrem zatáčení, ve kterém působení příčných sil neovlivňuje zrychlování nebo brzdění vozu.

5.6.1 Vstupní charakteristiky

Mezi tyto charakteristiky patří brzdňá a hnací charakteristika. Dále jsou jednotlivé úseky definovány jejich celkovou dráhou. Hodnota poláťel'ního řasu ve kterém se virtuální děj začne odehrávat je pro každý úsek nulová.

Poláťel'ní podmínky pro každý úsek:

- v_p ě poláťel'ní rychlost
- v_k ě konečná rychlost
- s_c ě délka úseku
- t_0 ě poláťel'ní řas

Hnací momentová charakteristika je dána jednotlivými po sobě jdoucími body, mezi nimiž je přiblížen charakteristiky lineární. Její polártek je v nule a konec je dán posledním bodem získaným analýzou vstupních dat. Hnací charakteristika je popsána obecnou rovnicí přímky, jejím směrnicovým vyjádřením:

$$T_x = k \cdot n_x + q \quad (5.5)$$

T_x je moment motoru (torque)

n_x jsou otáčky motoru

k je směrnice přímky

q je průsečík s osou y

5.6.3 Brzdná síla

Ta je dána jednou hodnotou a je konstantní v každém úseku, ale pro každý úsek jinak veliká. Její velikost získáme jako průměrnou hodnotu (aritmetický průměr) ze všech naměřených brzdných bodů v daném úseku.

5.6.4 Celková dráha úseku

Celková dráha úseku je dána polárním bodem akcelerační části, a konečným bodem brzděné části charakteristického úseku. Vypočíte se jako rozdíl konečné (s_K) a polární (s_P) hodnoty dráhy zvoleného charakteristického úseku.

$$s_C = s_K - s_P \quad (5.6)$$

5.7 Algoritmus virtuálního pohybu vozu

Předpokládejme, že dynamický model vozu se bude pohybovat na dráze, jejíž velikost známe (s_C je celková dráha) a bude zrychlovat a brzdít na rychlosti, jejíž velikosti také známe. Známe také sadu převodových poměrů, které se budou postupně snižovat. Další známé vstupy jsou brzdná síla a momentový přiblížen v otáčkovém spektru. Neznámy je celkový čas (t_C) potřebný na projetí celkové dráhy.

Ten se skládá z času potřebného na zrychlení (t_A) z polární rychlosti na rychlost maximální čas potřebný na zpomalení (t_B) z této rychlosti na rychlost konečnou.

$$t_C = t_A + t_B \quad (5.7)$$

V první části zjistíme jaký je převodový stupeň, je zařazen při polární rychlosti. Výpočetní cyklus pracuje tak že postupně zvyšuje otáčky, po zvoleném kroku např. po jedné otáčce (n_x) a vypočte dráhu (s_A), dobu trvání (t_A), kterou jsme během této jedné otáčky urazily a rychlost jaké jsme dosáhli. Po každé otáčce také vypočte dráhu (s_B) a čas potřebný na zpomalení (t_B) z dosažené rychlosti na rychlost konečnou (v_k). Po každém kroku (otáčce), program porovná dráhu, kterou model vozu urazí při zrychlení a zpomalení s celkovou dráhou úseku.

$$s_C \geq s_A + s_B \quad (5.8)$$

Program začne počítat dráhu potřebnou ke zpomalení na konečnou rychlost, v okamžiku kdy je konečná rychlost (v_k), nižší než rychlost polázební (v_p), nebo aktuální rychlost během výpočtu zrychlení (v_x), a tedy je dosaženo podmínky:

$$v_k < v_p \wedge v_x \quad (5.9)$$

Rychlost, kterou virtuální model vozu urazí, během jedné otáčky motoru, spočteme podle vzorce:

$$v_x = \left(\frac{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot (T_x \cdot P_i \cdot P_c \cdot \eta_i)}{o} \right) - \left(c_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S_x \cdot v_0^2 \right)}{m} \right) \cdot t_x + v_0 \quad (5.10)$$

T_x je moment motoru tj. hodnota na ose y v každém bodě šivky.

P_i je převodový poměr jednotlivých stupňů převodové sady

P_c je celkový převodový poměr

o je obvod kola

v_0 rychlost na polátku ($v_0 = 0$)

t_x doba trvání jedné otáčky

m hmotnost vozu.

c_x Součinitel vzdušného

ρ Hustota vzduchu

S_x Obsah lelní

V následujících krocích dosazujeme do vzorce:

$$v_x = \left(\frac{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot (T_x \cdot P_i \cdot P_c \cdot \eta_i)}{o} \right) - \left(c_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S_x \cdot v_{x-1}^2 \right)}{m} \right) \cdot t_x + v_{x-1} \quad (5.11)$$

v_{x-1} je rychlost dosažená v předcházejícím kroku.

Časovou hodnotu jedné otáčky dosadíme ze vzorce:

$$t_x = \frac{1}{n_x} \quad (5.12)$$

Hodnotu momentu motoru pro jednotlivé otáčky získáme podle vztahu:

$$T_x = \left(\frac{T_2 - T_1}{n_2 - n_1} \right) \cdot (n_x - n_1) + T_1 \quad (5.13)$$

momentu motoru, jejich velikosti jsou dány vždy dvěma
sousedními body z hnací momentové charakteristiky.
 T_X je hodnota krouticího momentu motoru pro jednotlivé otáčky motoru.

Tento cyklus se opakuje dokud, nedosáhne posledního bodu hnací momentové křivky
(maximální otáčky), nebo hodnota rychlosti nedosáhne podmínky:

$$v_X \geq v_p \quad (5.14)$$

V případě že cyklus opakování dosáhl posledního bodu hnací momentové charakteristiky
a rychlost (v_X) je stále menší než požadovaná rychlost charakteristického úseku, dojde
k přechodu na vyšší rychlostní stupeň (P_{i+1}). Přechod probíhá po dobu zadaného řídícího času
(t_r). Během této doby dojde ke snížení rychlosti, neboť se virtuální model vozu pohybuje bez
pohonu vpřed a působí na něj odpor prostředí. Dojde také ke snížení otáček motoru na
hodnotu danou poměrem mezi předchozím a následným převodovým stupněm.

Rychlost a otáčky motoru po přechodu jsou dány následujícími vztahy:

$$v_r = v_X - \left(\frac{c_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S_x \cdot v_X^2}{m} \right) \cdot t_r \quad (5.15)$$

$$n_r = n_X \cdot \left(\frac{P_{i+1}}{P_i} \right) \quad (5.16)$$

v_r je rychlost po přechodu
 v_X je rychlost před přechodem (dosáhná na max. otáčky motoru se zadaným převodovým
převodovým stupněm)
 t_r je řídící čas
 n_r jsou otáčky motoru po přechodu
 P_{i+1} je následující převodový poměr
 P_i je předcházející převodový poměr

Hodnota krouticího momentu motoru po přechodu se vypočte dle vztahu:

$$T_r = \left(\frac{T_2 - T_1}{n_2 - n_1} \right) \cdot (n_r - n_1) + T_1 \quad (5.17)$$

Po přechodu cyklus pokračuje dál ve výpočtu rychlosti virtuálního modelu vozu v prvním
kroku podle vztahu:

$$v_X = \left(\frac{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot (T_X \cdot P_{i+1} \cdot P_c \cdot \eta_i)}{o} \right) - \left(c_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S_x \cdot v_r^2 \right)}{m} \right) \cdot t_X + v_r \quad (5.18)$$

A v následujícím kroku podle vztahu (5.17) opĚ dokud nedosáhne maximálních otáček nebo podmínky (5.12).

$$v_x = \left(\frac{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot (T_x \cdot P_{i+1} \cdot P_c \cdot \eta_i)}{o} \right) - \left(c_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S_x \cdot v_{x-1}^2 \right)}{m} \right) \cdot t_x + v_{x-1} \quad (5.19)$$

v_{x-1} ě je rychlost kterou se virtuální model pohybuje v pĚdchozím kroku výpoĚtového cyklu

V pĚspadĚ je dosaĚeno podmínky (5.11) cyklus pokračuje ve výpoĚtu dĚl podle rovnice (5.15). DĚle program poĚítá i drĚhu, kterou virtuální model vozu urazí za kaĚdou dalĚí otáĚku motoru podle rovnic: (5.19) a (5.20).

DrĚhu, kterou virtuální model vozu, urazí pĚ zrychlování za jednu otáĚku motoru, a drĚhu kterou urazí bĚhem Ěazení, spoĚtme podle vztahĚ:

$$s_A = \frac{(v_x - v_{x-1})}{2} \cdot t_x \quad (5.20)$$

$$s_r = \frac{(v_x - v_r)}{2} \cdot t_r \quad (5.21)$$

s_r ě je drĚha, kterou virtuální model urazí bĚhem pĚĚazení

V pĚspadĚ je dosaĚeno podmínky (5.9), zaĚne program poĚítat i drĚhu potĚbnou ke sníĚení rychlosti na koneĚnou rychlost (v_k).

$$s_B = \frac{(v_x - v_B)}{2} \cdot t_z \quad (5.22)$$

t_z (t_z) potĚbný na sníĚení rychlosti na koneĚnou rychlost se spoĚte podle vztahu:

$$t_z = \left(\left(\frac{F_B + c_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S_x \cdot v_x^2}{m} \right) \cdot (v_x - v_k) \right)^{-1} \quad (5.21)$$

Tento cyklus se opakuje, dokud není dosaĚeno podmínky (5.8)

5.8 Zhodnocení virtuálního modelu

Tento virtuální model je tedy moĚné pouĚít pouze v urĚitých pĚdem definovaných úsecích. Definování tĚto úsekĚ provedeme analyzováním filtrováním dat v následující kapitole.

V této části je popsán postup při použití programu, který virtuálně modeluje chování závodního vozu na dané trati. Je tu vysvětleno použití programovacího jazyka pro tvorbu programu. Také jsou zde popsány matematické postupy, které program využívá. Jedná se o matematické postupy, které slouží k analýze dat zaznamenaných dataloggerem umístěným v závodním voze. Vyhledání nejrychlejší převodové sady se provede pomocí matematického modelu popsaného v předcházející kapitole. Používání programu je snadné a po přečtení návodu to dokáže i laik. Nejprve je potřeba načíst naměřená data a charakterizovat vozidlo. Poté provedeme filtrování dat a program dále postupně otestuje všechny možné převodové varianty a vybere z nich tu převodovou sadu, při které vždy dosahuje nejmenšího celkového času potřebného na projetí všech úseků, nakonec se výsledné řazení zobrazí.

6.1 Zdrovní použití softwaru

Prostředí MathCADu neodpovídá požadavku uživatelsky vhodného, a pro obsluhu programu není vhodné prostředí. Ze zbytečných detailů a výpočtů, obtížících techniku obsluhujícího tento program. Z těchto důvodů jsem zvolil pro realizaci programovací jazyk Delphi 6. Tento softwar umožňuje vytvořit výsledný program ve formátu .exe, není tudíž potřeba před použitím optimalizujícího programu, instalovat další softwar a to na jakémkoli počítači obsahujícím operační systém windows. Další výhodou je, že Delphi 6 obsahuje dobré zobrazovací prostředí. Nevýhodou však je absence matematických funkcí, které je nutné, v programu vytvořit což zvyšuje pracnost a časovou náročnost programování.

Uživatelským prostředím je myšleno takové prostředí, v němž uživatel pouze zadává a upravuje některé hodnoty, nebo vybírá možnosti z nabídky a není zatížen úpravou vlastního matematického postupu výpočtu.

6.2 Předpoklady použití optimalizačního programu

Tento program můžeme využít v motoristickém sportu pro nalezení optimálního nastavení převodových stupňů mechanické synchronizované, nesynchronizované nebo sekvenční převodovky. Pro nalezení optimální varianty, potřebujeme znát data z daného okruhu, s libovolným, nebo i sériovým nastavením převodovky, dostupná převodová soukolí, která můžeme měnit a parametry charakterizující vozidlo (hmotnost, obvod kola, řetězní plocha součinitele odporu vzduchu atd.). Výsledky jsou zjišťovány na virtuálním modelu, proto je nutné je ověřit na skutečném voze při testování na závodním okruhu.

6.3 Popis optimalizačního programu

Tento program slouží k nalezení optimálního nastavení rychlostních stupňů vůdce na jednom konkrétním závodním okruhu. První analytická část je určena k nalezení hnací a brzdné charakteristiky pro vybrané úseky daného okruhu. Výchozími jsou vůdce z data, která byla již dříve na tomto okruhu naměřena a to jak při testech, kvalifikaci nebo v předchozím závodě. Dále je potřeba charakterizovat vozidlo, na němž byla tato data naměřena. Vždy charakterizují tyto podstatné fyzikální parametry a to jsou jeho hmotnost, obvod kola, řetězní plocha, součinitel vzdušného odporu, úhinnost převodovky a hodnota stálého převodového poměru.

ota vzduchu, tato hodnota charakterizuje prostředí, v němž se vozidlo pohybuje.

V další části se nastaví hodnoty citlivosti filtrů pro akcelerační a brzdné úseky a tyto úseky se z původních dat vyfiltrují a zobrazí se. Z takto vyfiltrovaných dat vybereme několik dostatečně dlouhých a reprezentativních úseků, ze kterých získáme hnací a brzdné charakteristiky, a na nich budeme později modelovat zrychlení a zpomalení vozu s použitím všech možných převodových variant.

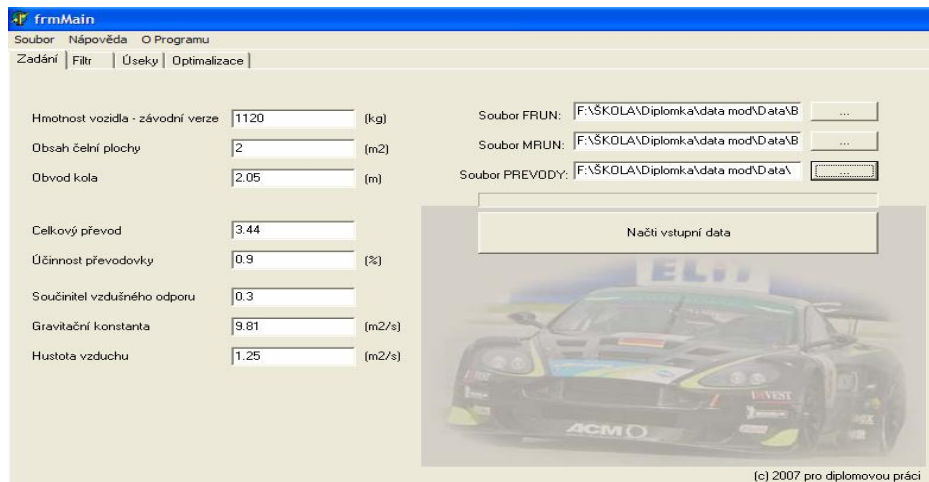
V další části spustíme optimalizaci a program vyhledá ideální sadu převodových poměrů, a výsledná verze se zobrazí. Dále je zde vytvořen graf, ve kterém se zobrazuje průběh rychlosti a otáček v jednotlivých úsecích.

6.4 Postupu výpočtu

Jak je uvedeno výše proces vyhledání ideální převodové sady se skládá ze dvou částí. Z analýzy vstupních dat, a z aplikace virtuálního modelu, jehož algoritmus je uveden v předešlé kapitole. Algoritmus vyhledání optimální převodové sady je založen na porovnání celkových časů potřebných na projetí všech charakteristických úseků s jednou konkrétní převodovou sadou.

6.5 Způsob načítání dat a zadání hodnot charakterizujících vozidlo

Naměřená data z dataloggeru se načítají tak, že se nastaví cesta zdroje dat kliknutím na tlačítka **Načíst** v pravé části prvního zobrazeného panelu, označeného v hlavním menu jako **Zadání**. Poté se kliknutím aktivuje tlačítko **Načíst vstupní data**, v pravé horní části tohoto panelu. Zdrojová data se načítají ze souborů FRUN.txt a MRUN.txt, dále se zde načte textový soubor obsahující všechny testované převodové sady. Přístupná místa jsou označena popisem Soubor FRUN, Soubor MRUN a Soubor PŘEVODY. Soubory FRUN.txt obsahují data z celého měřeného úseku. V jednotlivých označených sloupcích jsou hodnoty: času, otáček motoru, rychlosti vozu, příčného zrychlení, polohy plynového pedálu, ujeté vzdálenosti, podélného zrychlení, převodového poměru, kombinovaného zrychlení a poloměru zatáčky. V souborech MRUN jsou hodnoty času pro jednotlivé odjeté okruhy.



The screenshot shows the 'frmMain' application window with a menu bar (Soubor, Nápověda, O Programu) and a tabbed interface (Zadání, Filtr, Úseky, Optimalizace). The 'Zadání' tab is active, displaying a list of input parameters for vehicle characteristics, each with a text input field and a unit. On the right, there are three file selection fields for 'Soubor FRUN:', 'Soubor MRUN:', and 'Soubor PŘEVODY:'. Below these fields is a button labeled 'Načíst vstupní data'. At the bottom right, there is a small image of a race car and the text '(c) 2007 pro diplomovou práci'.

Parameter	Value	Unit
Hmotnost vozidla - závodní verze	1120	(kg)
Obsah čelní plochy	2	(m ²)
Obvod kola	2.05	(m)
Celkový převod	3.44	
Účinnost převodovky	0.9	(%)
Součinitel vzdušného odporu	0.3	
Gravitační konstanta	9.81	(m/s ²)
Hustota vzduchu	1.25	(m/s ²)

Obr. 6.1 Zadání vstupních hodnot.

Dále se v tomto panelu zadávají hodnoty charakterizující vozidlo a prostředí. Tyto hodnoty se zapisují do příslušně označených políček v levé části úvodního panelu. Hodnoty charakterizující určité vozidlo jsou tyto:

- Hmotnost vozidla [kg]
- Obsah řelní plochy [m²]
- Obvod kola [m]
- Celkový převod [-]
- Účinnost převodovky
- Součinitel vzdušného odporu

Dále se zadávají hodnoty charakterizující prostředí, ve kterém byly data naměřeny a ve kterém se předpokládá provoz závodního vozu.

- Měrná hustota vzduchu
- Velikost gravitačního zrychlení

Vždyké zadávané hodnoty je nutné zapisovat s použitím desetinné tečky.

6.5.1 Výpočet převodových poměrů

Převodové poměry vypočtu jako poměr mezi otáčkami kola a otáčkami motoru. Hodnota převodového poměru se zapisuje jako další sloupec k původní matici (FRUN).

$$i_p = \frac{n_m}{n_k}, \quad i_p = \frac{o_k \cdot n_m \cdot 3,6}{v} \quad (6.1)$$

6.5.2 Výpočet podélné síly

Výpočet podélné síly se provádí pomocí druhého Newtonova zákona ze známé hmotnosti vozu a naměřené hodnoty podélného zrychlení. Výsledek se zapisuje do dalšího sloupce (označeného **FORCE**).

$$F_p = m \cdot a_{(G_LONG)} \quad (6.2)$$

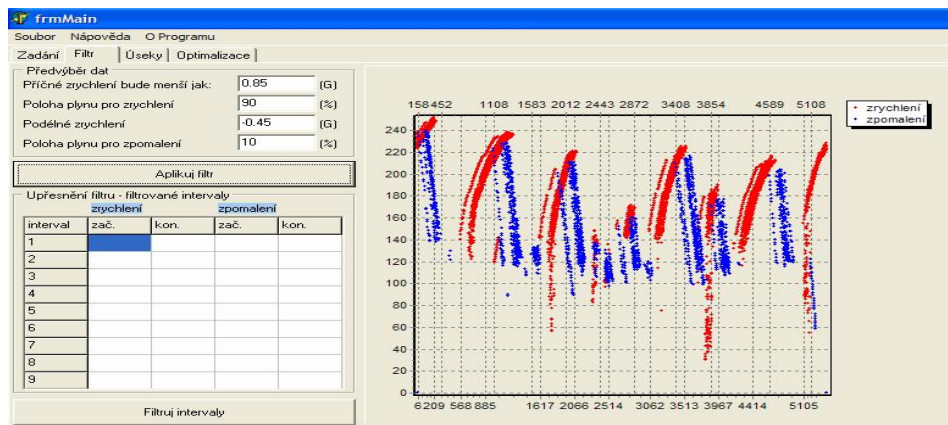
m – hmotnost vozu (zadaná na kartě Zadání, první řádek)

a – podélné zrychlení vozu (sedmý sloupec hodnot v souboru FRUN, označený LONG_G)

6.6 Filtrování dat

Filtrování dat softwarovým způsobem probíhá tak, že v původní matici označíme ty řádky, které odpovídají podmínkám zadaným ve filtru. V první analytické části programu jsou použita kritéria vybírající akcelerační a brzděné úseky. Mezní hodnoty těchto kritérií se zadávají v levé horní části panelu zobrazeného po kliknutí na tlačítko **Filtr** v hlavní nabídce. Zrychlující kritérium vytváří podmínku pro výběr dat, která jsou menší než zadaná hodnota příčného zrychlení (cca 0,5 G), a zároveň větší než hodnota procenta polohy plynového

Tyto mezní hodnoty vyplývají z úvahy, že zrychlují v úseku trati, pokud možno co nejvíce s plným sežlápnutím plynového pedálu. Zpomalující kritérium vytváší podmínku pro výběr dat, která jsou menší než zadaná hodnota podélného zpomalení (cca -0,375 G) a zároveň menší než hodnota procenta polohy plynového pedálu (cca 10 až 15 %). Opět hodnoty této podmínky vyplývají z úvahy, že intenzivně brzdím. Tedy hodnota podélného zpomalení (záporného podélného zrychlení) je větší, než by byla hodnota při pouhém ubrání plynu. Hodnota polohy plynového pedálu vychází z úvahy, že při brzdění není noha na plynovém pedálu nýbrž na brzdovém, nebo mimo plynový pedál tudíž ten je v nejnižší hodnotě označující polohu jeho sežlápnutí.



Obr. 6.2 Filtrování dat, výběr úseků.

6.6.1 Zadání filtrovacích hodnot

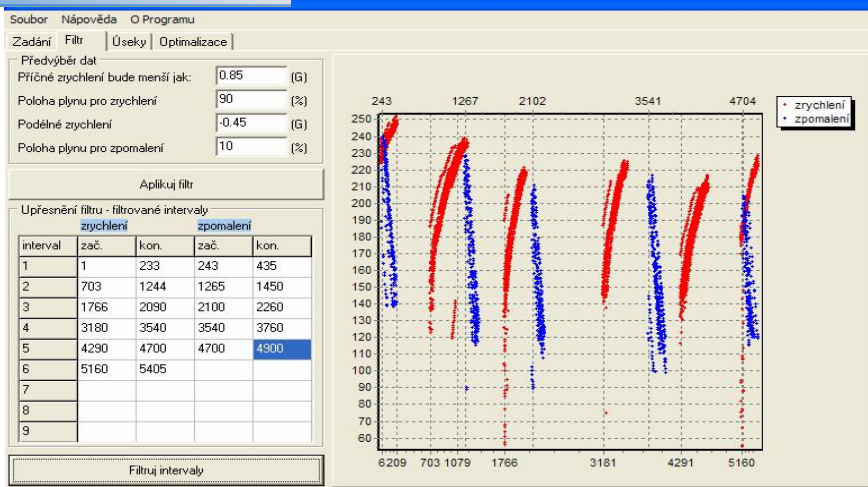
Kliknutím na tlačítko **Filtrování** v hlavní nabídce se zobrazí okno (panel) filtrování. V levém horním okraji jsou okénka s předem nastavenými hodnotami pro filtrování akceleračních a brzdících úseků. Tyto hodnoty je možné změnit podle tohoto, jak zhodnotíme výsledky v grafu v pravé části okna. Výsledky filtrování se v grafu zobrazují vždy po kliknutí na tlačítko **Aplikuj filtr**. Hodnoty splňující podmínku akceleračního úseku se v grafu zobrazují červeně. Hodnoty, jež splňují podmínku brzdícího úseku, se zobrazí modře.

6.7 Výběr charakteristických úseků

Kritéria úseků se zadávají také v poloze **Filtrování** z hlavní nabídky ovšem v její levé spodní části kde je pro náspravená tabulka. Pomocí tohoto kritéria se vyberou tzv. reprezentativní úseky. Jedná se o úseky, které jsou dostatečně dlouhé a dochází na nich k několika změnám.

6.7.1 Zadání charakteristických úseků

Tyto úseky se dají vybrat tak, že v grafu je možné vytvořit okno, ve kterém je požadovaný úsek, kliknutím na levé tlačítko myši a tažením myši zleva doprava. Pro návrat do původního náhledu do grafu táhnu myš naopak. Ve vybraném okně je možné pohybovat se v části grafu, stisknutím pravého tlačítka na myši a pohybem v požadovaném směru. Přiblížením ke spodnímu okraji je možné odelší mezní hodnotu pro akcelerační úseky. Přiblížením k hornímu okraji je možné odelší hodnoty pro brzdící úseky. Mezní hodnoty těchto úseků se zapisují do náspravené tabulky.



Obr. 6.3 Výběh charakteristických úseků

6.8 Získání momentových charakteristik

Momentová charakteristika motoru je jednou z klíčových informací hodnotících pohonnou jednotku. Je také jedním z cílů analýzy dat.

Velikost momentu motoru určíme následujícím způsobem.

6.8.1 Hnací síla

Poté co klikneme na tlačítko **Filtruj intervaly** zůstane jen vybraná data. Pro výpočet hnací síly potřebujeme ty, co jsou označeny v grafu červeně. Je to matice hodnot, přes níž vozidlo zrychluje. Výpočtem vytvoříme další vektor, který přičteme k původní matici. Zde je vzorec, podle kterého budeme počítat výsledné hodnoty.

Vzorec pro výpočet hnací síly:

$$F_h = F_p + c_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S_x \cdot v^2 \quad (6.3)$$

c_x – Součinitel vzdušného odporu.

ρ – Hustota vzduchu.

S_x – Obsah čelní plochy.

Hodnoty F a v jsou sloupce FORCE a WSPD, z odfiltrované matice -> každý řádek. Protože nepotřebujeme pro zobrazení hnací charakteristiky znát hodnoty síly ale momentu, můžeme je rovnou vypočítat.

6.8.2 Hnací moment

$$M_h = F_h \cdot \frac{o}{2 \cdot \pi} \quad (6.4)$$

o – je obvod kola.

každé matici vybraných gestí úsekŤ (teoreticky aŇ devŤ úsekŤ, podle pořadí úsekŤ nad dalŤíkem AŤ filtruj intervaly) budeme tedy poŤítat rovnou moment.

$$M_h = ((FORCE) + c_x \cdot \frac{P}{2} \cdot S_x \cdot (WSPD/3,6)^2) \cdot (o/2 \cdot \spadesuit) \quad (6.5)$$

Hodnotu rychlosti (WSPD) dŤím hodnotou 3.6, aby byla výsledná hodnota v m/s.

6.8.3 Brzdná síla

Brzdná síla má pro kaŇdý charakteristický úsek konstantní hodnotou, ale pro kaŇdý úsek jinak veliká. Její velikost získáme jako prŤmŤrnou hodnotu (aritmetický prŤmŤr) ze vŤch namŤřených (brzdých) bodŤ v daném úseku.

Tuto sílu poŤítáme pouze pro ty řádky pŤvodní matice vstupních hodnot, jeŇ odpovídají podmínkám filtrování brzdých úsekŤ. Jsou to ty hodnoty, které jsou v grafu charakteristických úsekŤ označeny modŤe.

VýpoŤet provedeme podle vzorce:

$$F_b = |F_p| - c_x \cdot \frac{P}{2} \cdot S_x \cdot v^2 \quad (6.6)$$

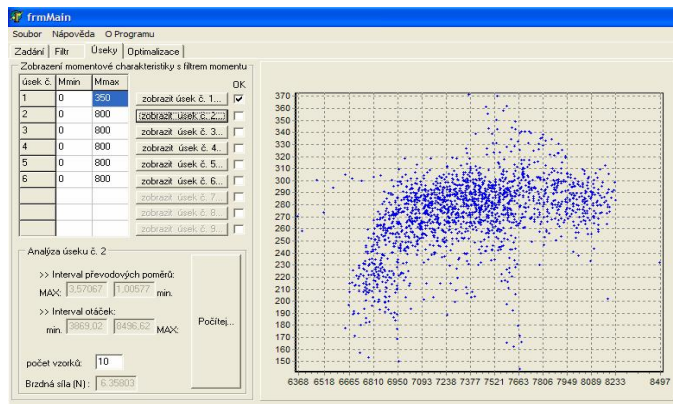
Nebo:

$$F_b = ((abs(FORCE)) - c_x \cdot \frac{P}{2} \cdot S_x \cdot (WSPD/3,6)^2) \cdot (o/2 \cdot \spadesuit) \quad (6.7)$$

Výsledné hodnoty pŤřídíme k matici jednotlivých odfiltrovaných brzdých úsekŤ.

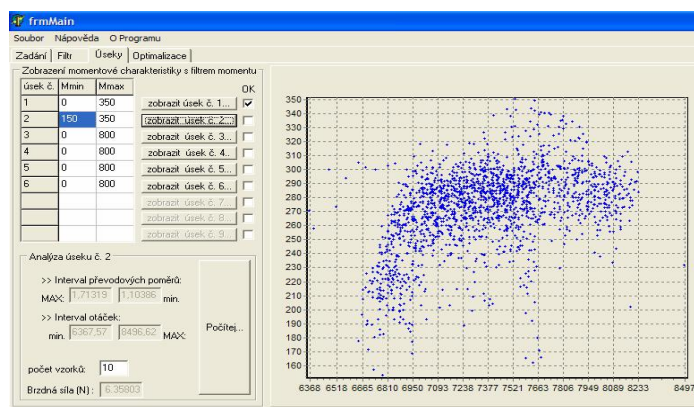
Výsledky výpoŤtu brzdné síly potŤebujeme zprŤmŤrovat pro dalŤí pouŤití ve výpoŤtu brzdých drah.

VýpoŤet a zobrazení prŤbŤrnou momentu na otáŤkách se provede po kliknutí na tlačítko AŤ Zobrazit úsek Ť. 1 Ň 96, v levé Ťásti karty AŤ úseky. Ve stejnou chvíli dojde i k výpoŤtu brzdné síly, její velikost v Newtonech se zobrazí v levé spodní Ťásti.



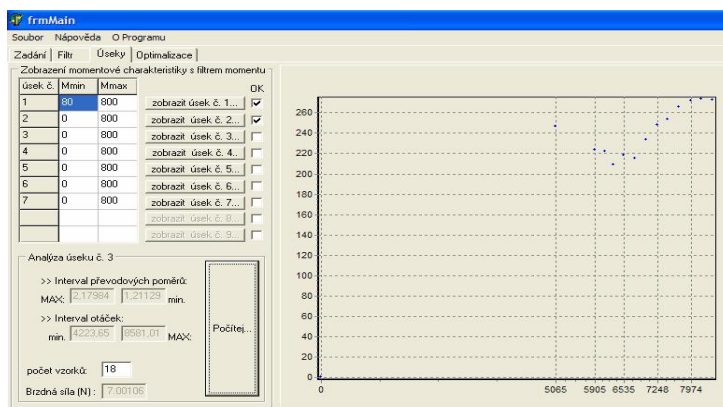
Obr. 6.4 Zobrazení vypoŤtených momentŤ

momentu dostali i hodnoty, které po výpočtu zobrazí
negativní hodnoty, například se zobrazí záporné, nebo extrémně vysoké hodnoty je
možné provést korekci. Do popisového pole v levé části karty Úseky se uvede interval,
ve kterém se vyskytuje většina zobrazených hodnot. Po opakovaném kliknutí na tlačítko
Zobrazit úsek se provede přesortování, který vyloučí hodnoty mimo zadaný interval.



Obr. 6.5 Zobrazení hodnot momentu po korekci

Pokud jsme se zobrazenými hodnotami spokojeni, můžeme pokročit vytvořením vlastní
momentové charakteristiky. Nejprve nastavíme hodnotu v poli Počet vzorků, ta je
primárně dána hodnotou 5. Počet vzorků představuje počet stejně velkých sloupců,
kterými rozdělíme horizontální osu zobrazeného grafu. Poté co klikneme na tlačítko
Provést, dojde v každém sloupci k aritmetickému zprůměrování hodnot v něm
zobrazených. Nastavením vysoké hodnoty dojde k citlivějšímu zobrazení průběhu
momentové charakteristiky a naopak nižší hodnota dává hrubší průběh. Jestliže jsme
průběhem momentové charakteristiky spokojeni, klikneme na pole OK za tlačítkem
Zobrazit úsek č. 1 až 9. Nyní se momentová charakteristika uloží do tzv. work-matice,
která slouží společně s hodnotou brzděné síly jako vstupní parametr virtuálního modelu
dynamického chování vozu. V případě, že nejsme s výsledkem spokojeni, můžeme
výpočet znovu opakovat. Příklad momentové charakteristiky je zobrazen na obr. 6.6.

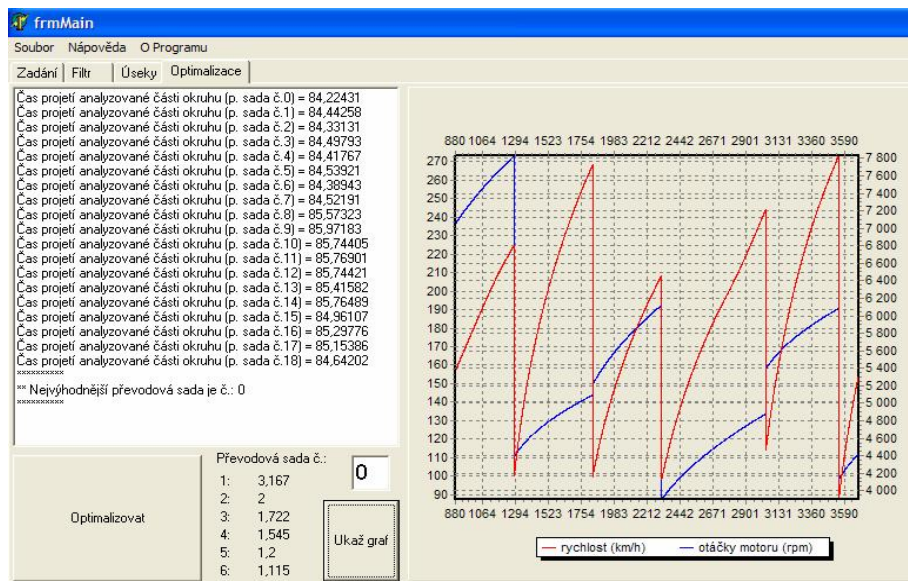


Obr. 6.6 Zobrazení momentové charakteristiky pro jeden zvolený úsek

Jakmile máme vytvořeny momentové charakteristiky pro všechny vybrané úseky, tzn.
všechny úseky, jsou zatrhnuty v políčku OK za tlačítkem Zobrazit úsek č. 1 až 9,
můžeme přejít kliknutím na pole Optimalizace v hlavním menu.

Průběhové sady:

Kliknutím na tlačítko **Optimalizace** v hlavním menu se zobrazí nový ovládací panel (karta), pod hlavní nabídkou je zobrazovací okno. V levé spodní části jsou jeřábky ovládací tlačítka a okno, pro zadávání jednotlivých průběhových sad. Mezi nimi je jeřábek zobrazovací panel (label), ve kterém se zobrazují jednotlivé průběhové poměry vybrané průběhové sady. Pravá část této karty je vyhrazena pro graf, ve kterém se zobrazují průběhy otáček motoru a rychlosti v závislosti na dráze jednotlivých úseků. Vpravo od grafu se zobrazují hodnoty otáček motoru (sec^{-1}), vlevo rychlost (km/h).



Obr. 6.7 Zobrazení výsledné optimalizace a průběhu rychlosti a zrychlení v jednotlivých úsecích

Kliknutím na tlačítko **Optimalizovat** se provede výpočet celkové doby potřebné na projetí všech charakteristických úseků pro každou zadanou průběhovou sadu. Jako optimální neboli nejvýhodnější sada se zobrazí ta průběhová sada, jejíž výsledný celkový čas je nejmenší. Výpočet tohoto času se provádí postupným sčítáním dílčích časů t_{c_i} , podle vzorce (5.7). V průběhu dojde v úseku k řazení na vyšší rychlostní stupeň je výsledný čas součtem dílčích časů t_{x_i} , vypočtených podle vzorce (5.12), výsledná hodnota brzdného času t_B odpovídá výpočtu času zpomalení t_Z , podle vzorce (5.21).

7. Prezentace výsledků

7.1 Zhodnocení výstupů z programu

Finálním výstupem z optimalizačního programu je sada převodových poměrů, při jejímž použití je nejmenší výsledný čas projetí všech charakteristických úseků daného závodního okruhu. Při rychlosti a otáček motoru v závislosti na dráze jednotlivých úseků se zobrazí v grafu, který je součástí programu. Porovnáním výsledných časů a pozorováním při rychlosti a otáček motoru v grafu můžeme dospět k nalezení vhodné převodové sady, pro jednotlivé závodní okruhy. Abychom získaly převodovou sadu, s ideálním nastavením pro závod, je nutné posuzovat výsledky jak z hlediska dosahovaných absolutních časů, tak i z hlediska způsobu sady převodových poměrů požadavkům závodního jezdce na komfort ovládání vozu. Nalezenou převodovou sadu je tedy nutné před vlastním závodem otestovat v praxi na reálném voze.

7.2 Aplikace programu na data z různých okruhů

Při aplikaci programu na jednotlivé okruhy postupují podle pokynů uvedených v kapitole 6. Na následujících obrázcích jsou zobrazeny vřady ve stejném pořadí zobrazovány hodnoty které jsou specifické pro zkoumané okruhy, jedná se o tyto hodnoty:

- Filtrovaná data
- Výběr charakteristických úseků
- Zobrazení výsledků provedené optimalizace

7.2.1 BRNO

Závodní okruh je umístěn poblíž západního okraje Jihomoravské metropole, nedaleko sjezdu z dálničního tahu na Prahu.

Technické údaje tratě

Délka tratě 5403,19 m

Šířka závodní tratě 15 m

Nejdelší rovinka: 792 m

Nejkratší rovinka: 150 m

Počet zatáček: 14 z toho 8 pravých a 6 levých

Převýšení: 73,63 m

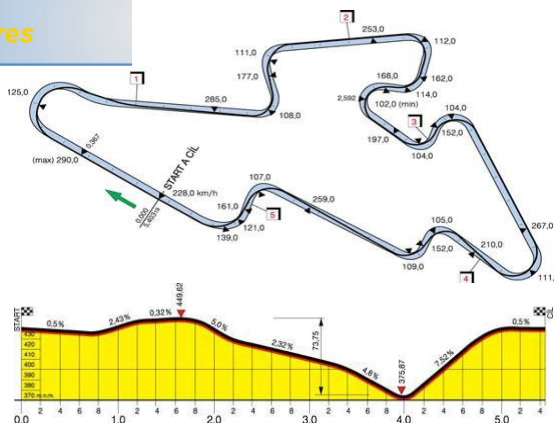
Max. stoupání: +7,5 %, na délce 917 m

Max. klesání: -5%, na délce 410 m

Nadmořská výška: 450 m

Směr jízdy: ve směru hodinových ručiček

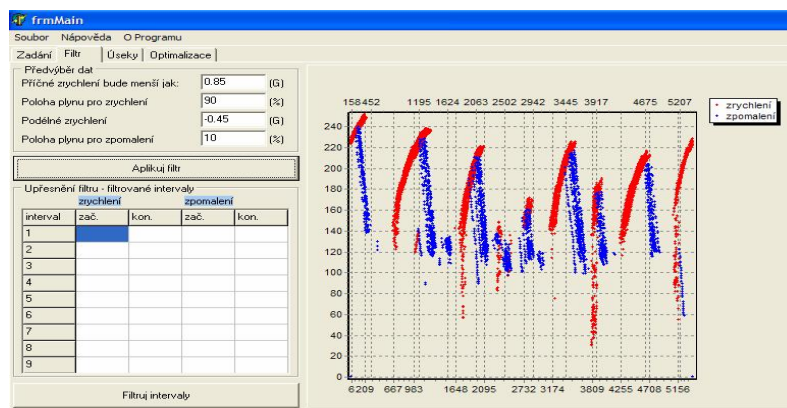
Pole position: vlevo



Obr. 7.1 Mapa brněnského závodního okruhu s profilem trati.

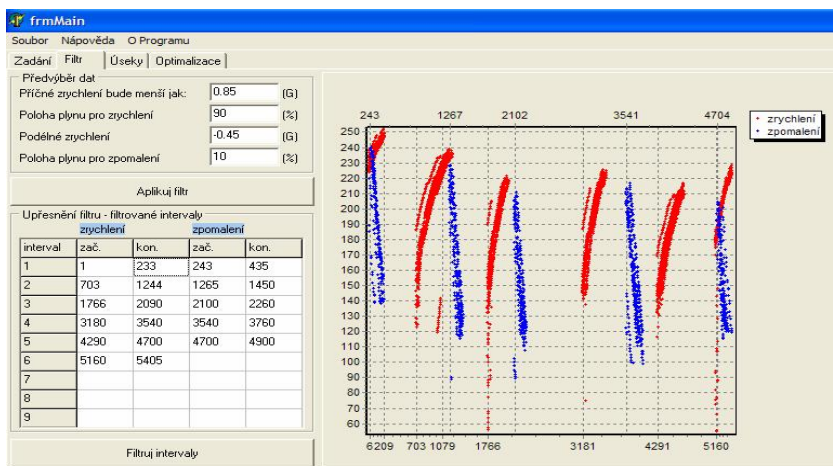
Zdroj: <http://www.automotodrombrno.cz/go/main.asp?catid=185&langid>

Filtrování naměřených dat:



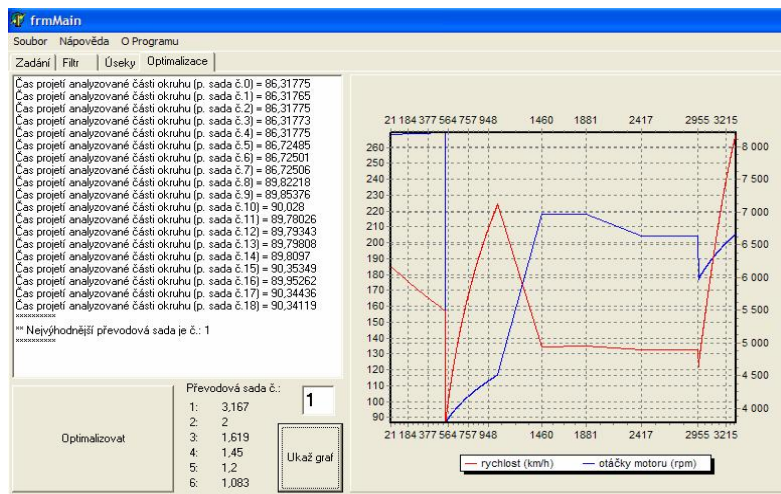
Obr. 7.2 Zobrazení filtrovaných dat brněnského okruhu.

Výběr jednotlivých úseků:



Obr. 7.3 Vybrané charakteristické úseky brněnského okruhu.

ení optimální pševodové sady:



Obr. 7.4 Zobrazení nalezené optimální pševodové sady a její aplikace v charakteristických úsecích brnĚského okruhu.

7.2.2 MOST

Tento okruh se nachází v severních Lechách v oblasti severořeské hnĚlouhelné pánve, poblíž stejnojmenného mĚsta.

Technické údaje tratĚ

DĚlka tratĚ 4219 m

Ěška závodní tratĚ 12 Ě 14 m

NejdelĚí rovinka: 792 m

NejkratĚí rovinka: 150 m

PolĚet zatáĚek: 21 z toho 12 pravých a 9 levých

PševýĚení: 12,04 m

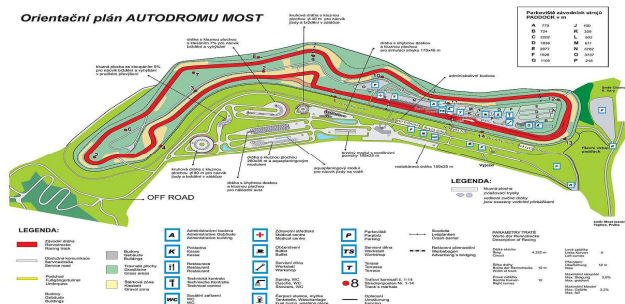
Max. stoupání: +2,8%

Max. klesání: -3,2%

Stoupání od startu. +0,43%

SmĚ jízdy: ve smĚru hodinových ruĚílek

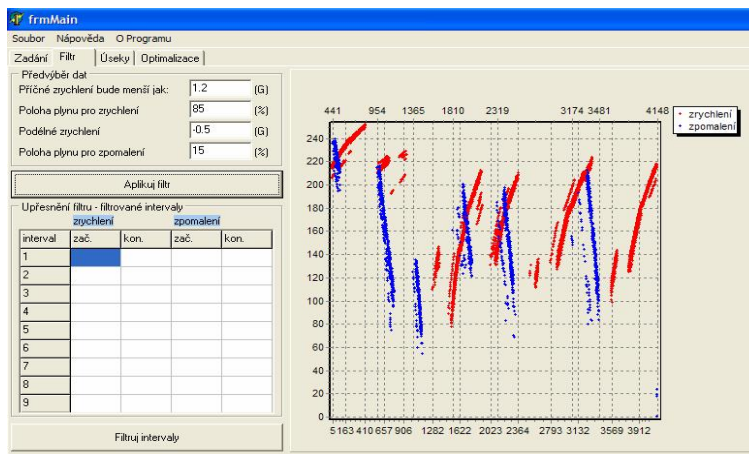
Pole position: vlevo



Obr. 7.5 Plán mosteckého závodního okruhu.

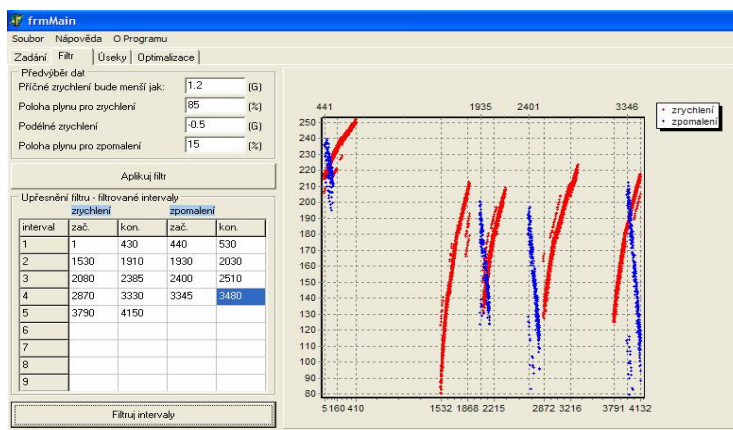
Zdroj: <http://www.autodrom-most.cz/>

ltrování naměřených dat:



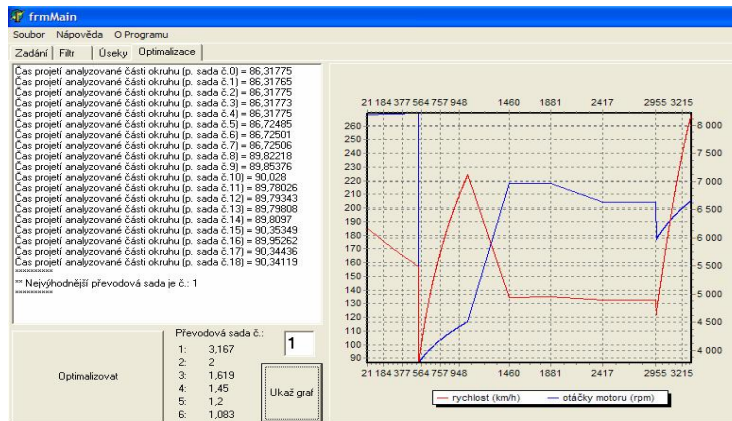
Obr. 7.6 Zobrazení filtrovaných dat mosteckého okruhu.

Výběr jednotlivých úseků:



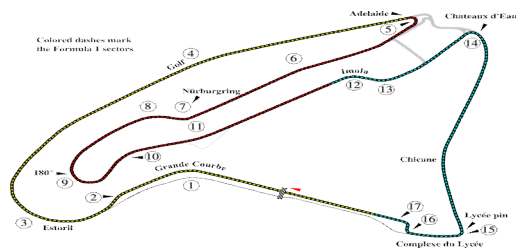
Obr. 7.7 Vybrané charakteristické úseky mosteckého okruhu.

Nalezení optimální převodové sady:



Obr. 7.8 Zobrazení nalezené optimální převodové sady a její aplikace v charakteristických úsecích mosteckého okruhu.

Závodní okruh se nalézá poblíž ve Francii poblíž měst Magny-Cours a Nevers, od roku 1991 se na něm jezdí závody Formule 1.



Obr. 7.9 Mapa závodního okruhu v Magny Course.

Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/Circuit_de_Nevers_Magny-Cours

Technické údaje trati:

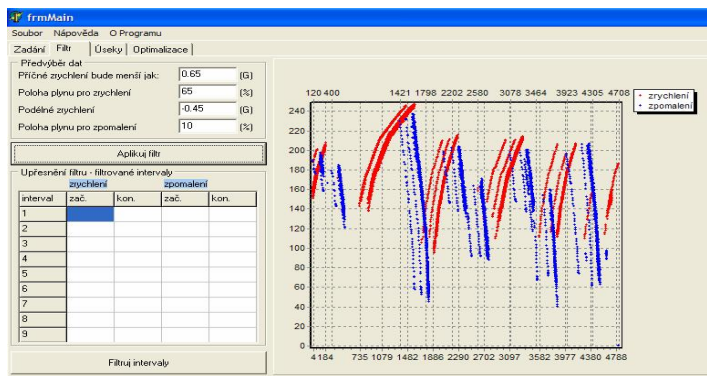
Délka trati 4411 m

Počet zatáček: 17 z toho 10 pravých a 7 levých

Směr jízdy: ve směru hodinových ručiček

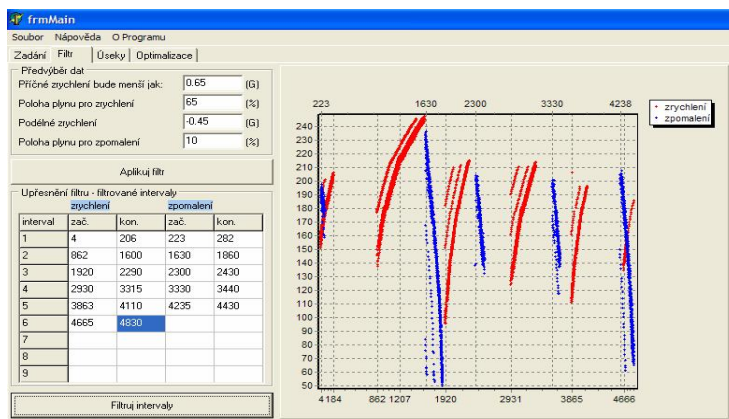
Pole position: vlevo

Filtrování naměřených dat:



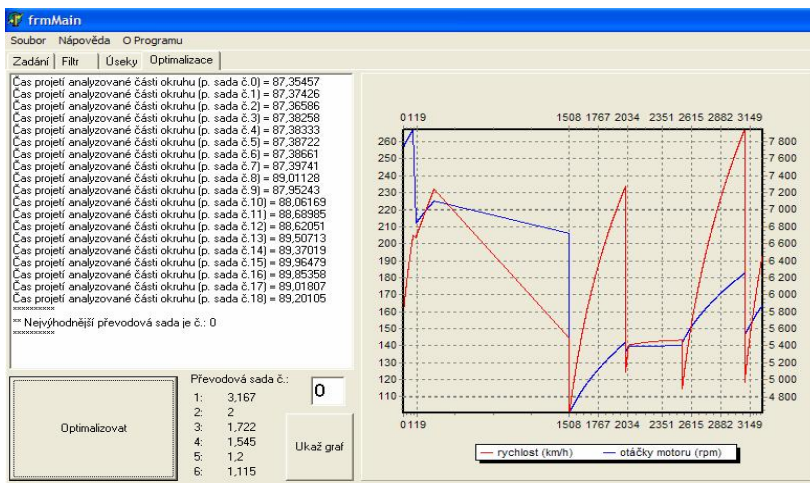
Obr. 7.10 Zobrazení filtrovaných dat okruhu v Magny Course.

Výběr jednotlivých úseků:



Obr. 7.11 Vybrané charakteristické úseky okruhu v Magny Course.

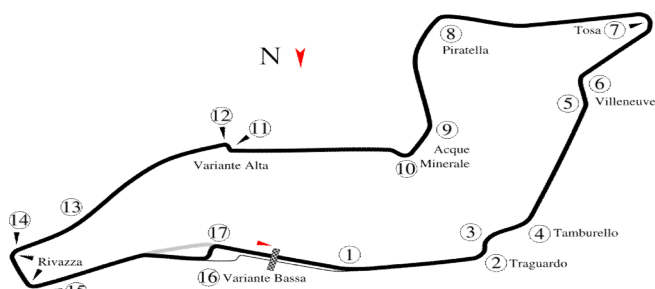
ení optimální pševodové sady:



Obr. 7.12 Zobrazení nalezené optimální pševodové sady a její aplikace v charakteristických úsecích okruhu v Magny Course.

7.2.4 IMOLA

Imola je italské mĚsto v oblasti Emilia-Romagna, v západní l'ásti historického regionu Romangna. Ve mĚstĚ na autodromu Enza a Dina Ferraiových se odehrává mnoho závodŮ vĚtnĚ Formule 1, Velká cena San Marina.



Obr. 7.13 Závodní okruh v Imole.

Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/San_Marino_Grand_Prix

Technické údaje trati:

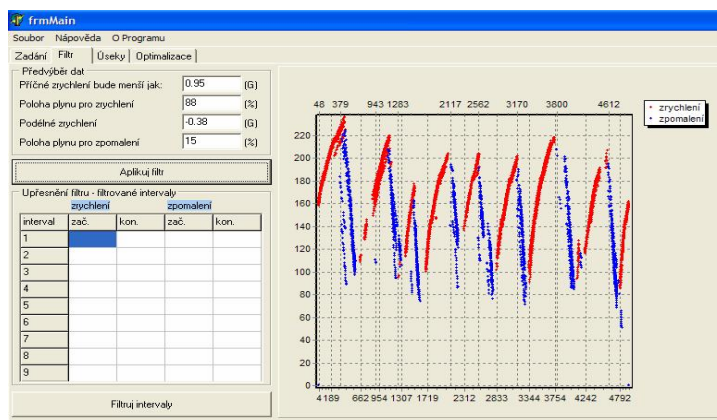
Délka tratĚ 4959 m

PoĚet zatáĚek: 17 z toho 6 pravých a 11 levých

SmĚr jízdy: v protismĚru hodinových ruĚílek

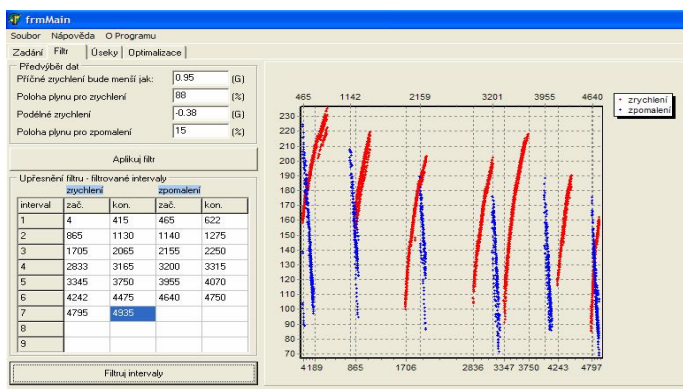
Pole position: vlevo

Filtrování naměřených dat:



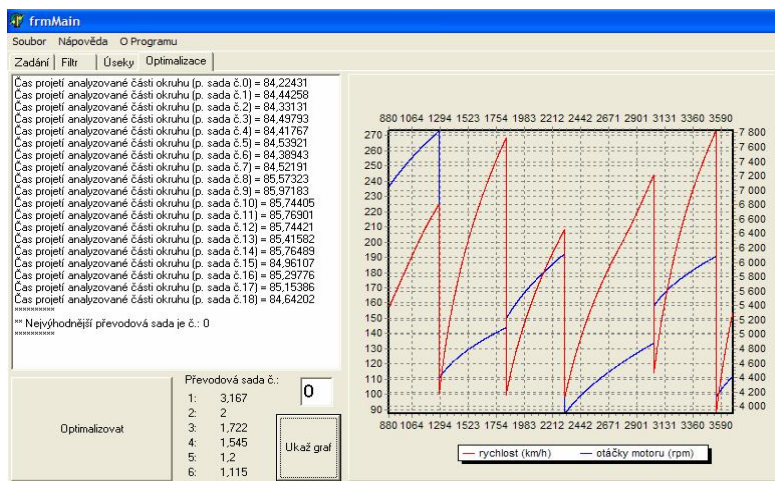
Obr. 7.14 Zobrazení filtrovaných dat okruhu v Imole.

Výběr jednotlivých úseků:



Obr. 7.15 Vybrané charakteristické úseky okruhu v Imole.

Nalezení optimální převodové sady:



Obr. 7.16 Zobrazení nalezené optimální převodové sady a její aplikace v charakteristických úsecích okruhu v Imole

ných závodní okruhů

Závodní okruhy:	BRNO	MOST	MAGNY-COURSE	IMOLA
Převodové stupně				
1	3,167	3,167	3,167	3,167
2	1,684	1,895	2	2
3	1,4	1,545	1,772	1,619
4	1,286	1,4	1,545	1,45
5	1,13	1,174	1,2	1,2
6	0,964	1	1,115	1,083

Tabulka 7.1 Ideální převodové sady doporučené výrobcem.

Závodní okruhy:	BRNO	MOST	MAGNY-COURSE	IMOLA
Převodové stupně				
1	3,167	3,167	3,167	3,167
2	1,684	2	2	2
3	1,4	1,619	1,772	1,722
4	1,286	1,45	1,545	1,545
5	1,13	1,2	1,2	1,2
6	0,964	1,083	1,115	1,15

Tabulka 7.2 Optimalizované převodové sady testovaných závodních okruhů.

7.4 Zhodnocení výsledků

Ze zobrazených výsledků vyplývá, že pro okruhy v Brně a Magny-Course je optimalizovaná převodová sada stejná jako ta, jež je doporučena výrobcem. Ovšem pro okruhy v Mostě a v Imole, vyhledal optimalizační program převodové sady s výhodnějším rozložením převodových poměrů. Lásový rozdíl mezi těmito sadami je ovšem minimální pro okruh v Imole je to je 0,107 s a pro mostecký okruh je rozdíl pouhé 0,0001 s. Výraznějšího rozdílu, by bylo možné, dosáhnou na závodních okruzích, pro které nejsou specifikovány převodové sady, výrobcem převodovek.

7.5 Poznatky získané analyzováním dat ze závodních okruhů

U každého převodového stupně se maximální akcelerace objevuje při specifických otáčkách. Výběr poměrů převodů na výjezdech ze zatáček vyžaduje znalost takovýchto otáček.

U nižších převodových stupňů, kde je působí malý vzdušný odpor, odpovídají otáčky při maximální akceleraci přibližně vrcholu krouticího momentu. Jakmile se začne zvyšovat aerodynamický odpor s rostoucí rychlostí, začne být výkon důležitější než krouticí moment a otáčky maximální akcelerace se posouvají dál k vyšším otáčkám motoru. To je důvod toho, proč se poměry jednotlivých převodových stupňů s každým dalším šazením nahoru snižují.

Pro nalezení ideálních otáček pro maximální zrychlení při každém rychlostním stupni, je výhodné pouhívat porovnání v grafech příšného zrychlení, plynového pedálu a otáček motoru.



pro výjezd ze zatálek ideální hledat nejdříve otáčky, pod kterými bude viz akceptovat plný plyn na výjezdu ze zatáčky.

Pokud to podmínky dovolí, je dobré nejdříve nastavit vyvážený podvozek a optimalizovat trakci vozu před kontrolou řazení. Problémy s trakcí nebo vyvážeností podvozku posouvají bod plného plynu dále po závodní dráze, což vede k chybnému závěru o správném řazení. Aby se co nejvíce maximalizoval čas strávený na vrcholu akcelerace, je potřeba řadit tak, aby poměr převodových stupňů po zařazení snížil otáčky motoru těsně pod otáčky pro maximální akceleraci. To by mělo být okolo 200 až 300 (ot/min) pod vrcholem akcelerace, u méně výkonných vozů (pod 220 kW) a 300 až 600 (ot/min) pod vrcholem akcelerace, u vysoce výkonných vozů.

Vhodné je prozkoumat každou zatáčku, která je následována významnou rovinkou. Nejlepší poměr pro výjezd z jedné zatáčky může způsobit problém v jiné nebo na konci rovinky. Pokud je nezbytný kompromis, je dobré soustředit se na segmenty trati, kde se dá získat nejvíce času.

Optimální otáčky motoru pro každé vzestupné řazení závisí na křivce krouticího momentu motoru, převodových poměrech, řádku aerodynamického odporu souvisejícího s rychlostí a na mechanickém tření. Nejlepší bod řazení, je nutné hledat v grafech otáček a podélného zrychlení. Nejrychlejší časy se zajedou, pokud jsou hodnoty podélného zrychlení stejné nebo velmi podobné těsně před a po řazení.

Správnou optimalizací převodových poměrů můžeme výrazně ovlivnit způsob, jakým se bude závodník vřiz chovat na závodní dráze.

Hlavním přínosem této práce je vytvoření softwaru, jehož pomocí můžeme analyzovat data naměřená na závodních okruzích. Tyto data získáme z řady snímačů, které sledují především fyzikální veličiny, jež vypovídají o chování vozu a jezdce v závodech nebo při testování. Během této doby jsou data zaznamenávána dataloggerem umístěným ve voze. Tento software dále umožňuje použitím virtuálního modelu dynamického chování vozu nalézt optimální sadu převodových poměrů. To vede ke zjednodušení náročnosti práce celého závodního týmu při hledání optimální nastavení vozu a umožňuje využití maximálního potenciálu vozu v automobilových závodech.

Způsob nalezení optimální převodové sady použitelné v závodu je založen na kompromisu mezi trvalým chováním vozu na závodní dráze a ovladatelností vozu v kritických jízdních situacích, daných především schopnostmi jezdce. Optimalizující program umožňuje, díky názornému zobrazení výstupních charakteristik přehlednou na individuální požadavky jezdce a způsobit výslednou převodovou sadu jeho potřebám.

Vznik možných nepřesností při virtuálním modelování jízdy v jednotlivých úsecích trati, je dán především způsobem získávání dat potřebných pro tvorbu momentových charakteristik. Limitujícím faktorem se při analyzování dat jeví především úzké spektrum otáček motoru, ve kterém se vřiz při testovacích jízdách pohybuje, následkem toho je úzká i reálná momentová charakteristika.

Předpokladem pro zvýšení kvality výsledku je potřeba získání většího množství dat v širším spektru otáček. Toho by se dalo docílit projetím alespoň dvou testovacích okruhů, z vyšší zařazenou rychlostí než je pro daný úsek obvyklé. Tímto bychom získaly potřebná data i v nižším spektru otáček. Další výhodou takto získaných dat je jejich přesnost, jelikož při přesnosu nižšího výkonu na kola vozu nedochází k jejich prokluzu, který má pravděpodobně za následek vznik některých nelogických hodnot hnacího momentu. Jsou to například záporné nebo několikanásobně vyšší hodnoty hnacích momentu.

Mezi další možnosti zlepšení, by se dala zařadit automatická tvorba převodových sad, z nařtené matice jednotlivých převodových soukolí vyráběných některým z výrobců ozubených kol pro závodní vozy. Tímto by se ještě zvýšila užitná hodnota tohoto softwaru.

ojř

- [1] ELLER, F. Delphi 6 Přručka programátora, ISBN: 80-247-0303-3, Grada Publishing Praha 2002.
- [2] VLK, F., Dynamika motorových vozidel. ISBN 80-234-5273-6, Brno 2000.
- [3] VLK, F., Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. ISBN 80-238-6573-0, Brno 2000.
- [4] <http://www.magnetimarelli.com/english/motorsport.php>
- [5] <http://www.stackltd.com/mshome.html>
- [6] http://aim-tec.co.uk/pages/car/section_car.htm
- [7] <http://www.motec.com.au/home>
- [8] www.google.com



ratek a symbolŤ

$a_{(G_Long)}$	[m.s ⁻²]	Podélné zrychlení
c_x	[-]	Souřinitel odporu vzduchu
f	[-]	Souřinitel valivého odporu
F_G	[N]	Gravitařní síla
F_h	[N]	Hnací síla
F_p	[N]	Podélná síla
G	[m.s ⁻²]	Gravitařní zrychlení
i_p	[-]	Převodový poměr (výpořtový)
k	[-]	Směnice přímky
m	[kg]	Hmotnost vozu
M_m	[Nm]	Moment motoru
M_{max}	[Nm]	Maximální moment motoru
$M (P_{max})$	[Nm]	Moment při max. výkonu motoru
n	[s ⁻¹]	Otáčky motoru
n_{max}	[s ⁻¹]	Maximální otáčky motoru
n_{min}	[s ⁻¹]	Minimální otáčky motoru
$n (M_{max})$	[s ⁻¹]	Otáčky maximálního momentu motoru
$n (P_{max})$	[s ⁻¹]	Otáčky motoru při maximálním výkonu
n_r	[s ⁻¹]	Otáčky po přestavení
n_X	[s ⁻¹]	Díř otáčky motoru
o	[m]	Obvod kola



O_f	[N]	Odpor valivý
O_s	[N]	Odpor stoupání
O_v	[N]	Odpor vzdušný
O_z	[N]	Odpor zrychlení
p_0	[Pa]	Tlak vzduchu
P_c	[-]	Celkový pŕevodový pomŕ
P_i	[-]	Pŕevodový pomŕ jednotlivých stupŕŕ
P_{i+1}	[-]	Pŕevodový pomŕ následujícího stupnŕ
q	[-]	Prŕselŕík s osou y
s	[-]	Stoupání
s_A	[m]	Dráha akceleraace
s_B	[m]	Brzdná dráha
s_C	[m]	Celková dráha úseku
s_k	[m]	Koncová dráha úseku
s_p	[m]	Polŕatelŕní dráha úseku
S_x	[m ²]	Obsah ŕelní plochy
t_A	[s]	ŕas akceleraace
t_B	[s]	ŕas brzdŕní
t_C	[s]	Celkový ŕas
t_v	[°C]	Teplota vzduchu
t_X	[s]	Dŕllŕ ŕas
t_Z	[s]	ŕas zpomalení

T_r	[Nm]	Moment motoru po pŕesazení
T_x	[Nm]	Díllí moment motoru
v	[m.s ⁻¹]	Rychlost vozidla
v_k	[m.s ⁻¹]	Koneľná rychlost
v_n	[m.s ⁻¹]	Náporová rychlost
v_p	[m.s ⁻¹]	Poláteľní rychlost
v_r	[m.s ⁻¹]	Rychlost po pŕesazení
v_v	[m.s ⁻¹]	Rychlost vŕu
v_x	[m.s ⁻¹]	Díllí rychlost
v_{x-1}	[m.s ⁻¹]	Díllí rychlost v pŕedegľém kroku
♠	[-]	Ludolfovo říslo
£	[kg.m ⁻³]	Hustota vzduchu
€	[-]	Souřinitel vlivu rotaľních řástí