



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

ZAŘÍZENÍ NA MĚŘENÍ A SEŘÍZENÍ ZÁVODNÍHO AUTOMOBILU

RACE CAR MEASUREMENT AND SETUP DEVICES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR`S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ANDRYS MICHAL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PETR PORTEŠ, DR.

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Andrys Michal

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Zařízení na měření a seřízení závodního automobilu

v anglickém jazyce:

Race Car Measurement and Setup Devices

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Závodní automobily mají řadu seřizovacích prvků, které umožňují přizpůsobit vlastnosti závodního automobilu charakteru závodního okruhu. Úkolem diplomové práce je vypracovat přehled zařízení, která umožňují seřízení vozu a následnou kontrolu seřizovaných prvků měřením.

Cíle bakalářské práce:

Cílem je vypracovat přehled zařízení pro měření a seřízení závodních automobilů. Součástí práce je zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých typů měřících systémů.

Seznam odborné literatury:

VLK,F. Dynamika motorových vozidel. ISBN 80-238-5273-6, Nakladatelství VLK, Brno 2000.
VLK,F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. ISBN 80-234-6573-0, Nakladatelství VLK, Brno 2000.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Porteš, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 29 -11- 2007

L.S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ANOTACE

Práce pojednává o zařízeních a přístrojích používaných pro seřizování a měření závodních automobilů. Vytváří stručný přehled nejpoužívanějších přístrojů pro základní a nejdůležitější nastavení vozu a měření důležitých prvků. Obsahově zahrnuje pneumatiky, kola, motor i podvozek.

Klíčová slova: dynamometr
podvozek
sbíhavost
pneumatiky

ANNOTATION

This project deals with the systems and instruments used to measure and adjust the performance and efficiency of racing cars. The main goal of the work is to summarise the most widely used instruments for the basic and most important setup of the cars performance and the measurement of the most important components. It is concerned with tyres, wheels, engine and chassis.

Keywords: dynamometer
chassis
convergence
tyres

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE MÉ PRÁCE

ANDRYS, M. *Zařízení na měření a seřazení závodního automobilu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 28 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Porteš, Dr.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Zařízení na měření a seřízení závodního automobilu vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Petra Porteše, Dr. s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 23.5.2008

.....

Michal Andrys

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych tímto poděkovat panu Ing. Petru Portešovi, Dr. za cenné připomínky, rady a shovívavost při vypracovávání bakalářské práce. Dále děkuju panu ing. Ladislavu Brázdilovi z firmy LSC Motorsport s.r.o., který mi jednak umožnil praktickou ukázkou při měření motoru na dynamometru SuperFlow SF 902, ale navíc poskytnul materiály a praktické zkušené rady.

OBSAH

1. ÚVOD.....	9
2. DIAGNOSTIKA MOTORU.....	10
2.1 MĚŘENÍ ELEKTRICKÝCH VELIČIN.....	10
2.1.1 MULTIMETR.....	10
2.1.2 OSCIOSKOP.....	11
2.1.3 TESTRY.....	12
2.1.4 DALŠÍ PŘÍSTROJE.....	12
2.2 MĚŘENÍ VÝKONU A KROUTÍCÍHO MOMENTU.....	14
3. PNEUMATIKY.....	16
3.1 MĚŘENÍ TLAKU.....	16
3.2 MĚŘENÍ TEPLoty.....	17
4. KOLA.....	20
4.1 VYVAŽOVÁNÍ KOL.....	20
4.1.1 STABILNÍ VYVAŽOVAČKY.....	20
4.1.2 MOBILNÍ VYVAŽOVAČKY.....	21
5. PODVOZEK, GEOMETRIE NÁPRAV.....	22
5.1 MĚŘENÍ SBÍHAVOSTI.....	22
5.2 MĚŘENÍ PŘÍKLONU/ODKLONU KOLA.....	24
5.3 DALŠÍ MĚŘIDLA.....	25
6. ZÁVĚR.....	27
8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	28

1. ÚVOD

Každý závodní automobil, ať už konstruovaný na rallye, okruhové závody či jiné disciplíny, má se sériovým vozem velmi málo společného. Ať už jde o brzdy, podvozek nebo motor. Navíc vůz je specifikován podle typů soutěží, které jezdí. Konstrukce vozu a všechny úpravy se musí držet přesně stanovených pravidel a nařízení. Zmiňované okolnosti si vyžadují použití speciálních přístrojů a zařízení, která v běžném autoservise nevidíme. Měření a následné seřizování musí být velmi přesné a získané informace spolehlivé. Správné seřízení může má obrovský vliv na jízdní vlastnosti, chování vozidla a s tím související bezpečnost. Nastavení závodního automobilu (např. podvozku) je nedílnou součástí taktiky týmu.

Například u pneumatik se zjišťuje její teplota (před závodem) a tlak, kterým je nahuštěna. Celé kolo je potom potřeba vyvážit, což provedeme klasickou vyvažovačkou. U podvozků je vše složitější. Mechanici měří sbíhavost kol, odklon a příklon kola, výšku podvozku a celé seřízení je zdlouhavá a náročná záležitost. Proto se k tomu používají již atypické přístroje. Ty zajišťují snadnou manipulaci a mobilitu. V tomto případě by použití drahých a velkých zařízení, které často nedosahují požadované přesnosti, nebylo možné.

2. DIAGNOSTIKA MOTORU

Diagnostika se zabývá zjištěním opotřebení prvků motoru, závad a následném nastavení akčních členů. Tento proces může mechanikům velmi napomoci při zvolení postupu možných oprav a seřízení motoru. Diagnostiku lze rozdělit na dva úkony. Na komunikaci s řídicími jednotkami a na měření napětí jednotlivých snímačů nebo akčních členů. Samotné diagnostice předchází prostup mechanického seřízení, aby do měření nezasahovaly parametry, které následně budeme měnit jinou příčinou.

2.1 MĚŘENÍ ELEKTRICKÝCH VELIČIN

2.1.1 Multimetr

Je elektrický měřicí přístroj umožňující měření více funkcí. Hlavně proudu, napětí, el. odporu, ale i kapacity, frekvence, teploty, vodivosti či indukčnosti. Nejčastěji se setkáme s přenosným zařízením nabízející snadné měření v těžko dostupném motorovém prostoru. Využití je široké. Používá se jak při přípravě automobilu v dílně tak i při závodech v servisní zóně. V automobilovém sportu se stolní multimetry téměř nepoužívají i když jsou daleko přesnější než ruční přístroje. Bývají jimi spíše vybaveny různé laboratoře a zkušebny. Multimetry se mohou lišit přesností měření, rozsahem měření, funkcemi, odolností vůči okolnímu prostředí, atd. [4]

Jako většina přístrojů se vyrábějí jako analogové a digitální, které jsou více rozšířené. Analogová měřidla bývají považována za méně přesnější než digitální snad kvůli mechanismu měření nebo nepřesnosti odečítání hodnot.

Multimetry používané v automobilové technice bývají zpravidla přizpůsobeny pro použití v dílnách. Měří se jimi stejnosměrná a střídavá napětí, dokáží měřit otáčky motoru, teplotu, kmitočet jisker zapalování či úhel sepnutí. Často používanou funkcí je taky akustická zkouška propojení. [3]

Samozřejmě se prodávají i s příslušenstvím. Obvykle jsou vybaveny měřicími hroty, lze však využít banánků, krokosvorek i různých oček. Velkou výhodou poskytují proudové kleště, jimiž obemkneme vodič a bez porušení izolace a kontaktu provedeme měření. Kleště totiž v sobě skrývají cívku. Z indukovaného napětí měříme proud protékající vodičem. S výhodou se taktéž používá termočláňkových sond k měření teploty. [3]

Výrobců je mnoho, uvádím pouze pro ilustraci jeden z typů používaných přístrojů.



Automobilový digitální klešťový multimetr DT9702

Obr. 1 (převzato z [3])

2.1.2 Osciloskop

Je elektrický měřicí přístroj vykreslující na obrazovce průběh měřeného napěťového signálu. Většinou bývá součástí motortestru, ale používá se i samostatně. Použití osciloskopu se osvědčilo jako velmi účinný prostředek k rychlému vyhledání závady v elektronice vozidel, neumí však komunikovat s řídicími jednotkami a proto je potřeba jeho použití kombinovat s dalšími způsoby stejně jako u multimetrů. [5]

Druhy osciloskopů

Analogové

– klasické

- paměťové – dokážou uchovat jednorázový nebo neperiodický průběh

- vzorkovací – pokud je průběh hodně rychlý, vezme z každé n-té periody vzorek a z nich pak spojí pomalejší průběh [4]

Digitální

Umožňuje možnost spolupráce s počítačem. Má i paměťové funkce. Měří signál jen v určité intervaly. Jako nevýhoda by se dala brát složitost. Naproti tomu dokáže zobrazit maximální a minimální napětí nebo velikost špičky. Má oproti analogovému vyšší přesnost a již zmiňovanou možnost připojení k počítači, čím lze data ukládat, vyhodnocovat i jinak zpracovávat. [6]

Použití

Přímé zobrazení průběhu analogového signálu

Měření napětí, tzn. že můžeme odečítat parametry signálu jako jsou např. amplituda, okamžitá hodnota, střední hodnota, atd.

Měření voltampérových charakteristik

Měření frekvence signálu

Měření fázového posunu [6]



Scopemetr 125 Fluke

Přístroj, který je kombinací multimetru a osciloskopu. Připojení k PC je realizováno přes USB port.

Obr. 2 (převzato z [6])

2.1.3 Testry

Komunikují s řídicími jednotkami a tím diagnostikují elektronické systémy. Samotná komunikace s těmito systémy není však vyhovující, protože motor je složen z mechanických částí, které je potřeba taktéž seřídít. V diagnostice se orientuje pouze zkušený mechanik, protože chybová hlášení nejsou vždy tak jednoznačná a ve většině případů souvisí s jiným problémem. Ruční testry se však u závodních automobilů nepoužívají. Vozy mají specificky řešenou elektroniku, která si vyžaduje použití počítače s celou škálou nejrůznějších programů. Výhodou je použitelnost přes jakýkoliv počítač, hlavně notebook. Pracovník vidí takto chování konkrétních elektronických prvků v závislosti např. na čase či otáčkách. [5]

2.1.4 Další přístroje, které lze použít

Kompresimetry – přístroj na měření kompresního tlaku ve válcích. Vyrábí se v analogovém i digitálním provedení. Rozlišuje se pro vznětové a zážehové motory. Měření probíhá tak, že koncovku tlakoměru zašroubujeme do otvoru pro svíčky. Většinou se dodává v sadách s různými adaptéry. [3]



Kompresimetr pro vznětové motory v sadě JTC1364

Obr. 3 (převzato z [3])

Stroboskopická lampa – pro měření předstihu zapalování. Připojuje se na vysokonapěťový kabel vedoucí ke svíčke. [3]



Stroboskopická lampa s digitálním motortestrem DA-3100

Obr. 4 (převzato z [3])

Endoskop – speciální optický přístroj pro prohlížení jinak vizuálně nepřístupných míst. Dá se např. nahlédnout otvorem po vymontované zapalovací svíčke nebo lze si prohlédnout části klikové skříně, převodovky či částí karoserie. [3]



Inspekční endoskop IGS-636

Obr. 5 (převzato z [3])

2.2 MĚŘENÍ VÝKONU A KROUTÍČÍHO MOMENTU - DYNAMOMETR

Nejrozšířenějším způsobem měření výkonu je pomocí **dynamometru**. Přesnější měření je na samotném motoru, kde odpadají ztráty v převodech. „Motorová brzda“ vyžaduje tedy vymontovaný motor z automobilu a u atmosférických motorů i s výfukovým potrubím. Motor se připojí na olejový okruh. Samozřejmostí je přívod čerstvého vzduchu a následný odvod výfukových plynů. Na druhou stranu zde není z pravidla dosaženo takového uspořádání dílů, což výsledek zkresluje (sání, zahřátí dílů). Nicméně je i tak výsledek měření přesnější jako u použití válcového dynamometru. [1]

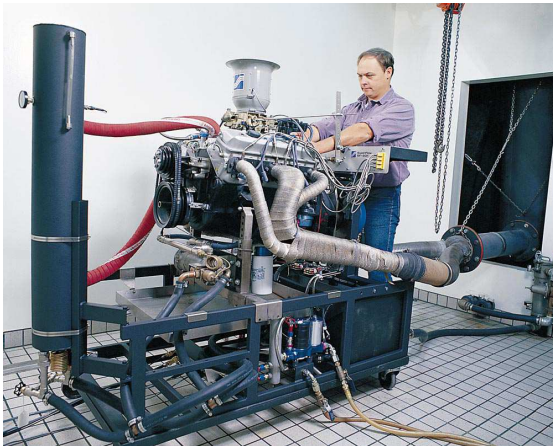
Rychlejší a pohodlnější způsob je na **válcovém dynamometru**, kdy se výkon měří na hnaném kole vozidla. Nevýhodou však u válcových brzd bývá nepřesnost, která může být velice ovlivněna gumami na měřeném automobilu (závodní pneu mívají extrémně měkkou směs) a dalšími vlivy. Tento způsob nabízí dvě metody měření založené na odlišných principech. Častěji využívaná je metoda dynamická, méně často používaná metoda statická.. [1]

Zařízení pro **dynamické měření** sestává z ocelového válce, který má svůj přesně změřený moment setrvačnosti-klade odpor jakémukoliv zrychlení (roztáčení, brždění). Moment setrvačnosti však má celá měřená soustava, kterou nejsme již schopni přesně změřit, a tak se zadává ze zkušeností. Tuto hodnotu si musíme hlídat, protože ji zadává obsluha dynamometru a na její hodnotě silně závisí výsledek měření. Při měření roztáčíme z počátečních otáček do koncových a přístroj zaznamenává pomocí snímače polohy zrychlení válce. Moment je automaticky dopočítán. Aby mohl počítač vykreslit graf závislosti výkonu a momentu na otáčkách motoru je nutné zadat převodový poměr. Motor se roztočí na měřený rychlostní stupeň a sejmou se v jeden okamžik otáčky motoru a otáčky bubnu, jejímž poměrem je právě poměr převodový. Vysoké rychlostní stupně mají problém s maximální rychlostí, která by tak byla překročena. Na nízké rychlostní stupně je přenášen na kolo velký moment a hrozí prokluz kola na válci a tím k nesmyslným výsledkům.

Druhou metodou je **metoda statická**, která nezávisí na momentu setrvačnosti. Princip je v měření síly na určitém rameni (momentu) při brždění válce. Brždění je nejčastěji prováděno elektromotorem (vířivé proudy) přičemž motor je držen v konstantních (měřených)

otáčkách. Metoda je přesnější a dochází k lepšímu prohřevu motoru. Nevýhodou je nezobrazení celého průběhu P a M, ale pouze hodnoty v daných bodech. Porovnáním hodnot statické a dynamické metody lze zjistit správnost zadání momentu setrvačnosti při dynamickém měření.

Dalším způsobem zjišťování údajů z dynamometru je např. měření ztrát v převodech, do čehož se promítají např. i ztráty aerodynamické od kola, ztráty odvalováním kola po válci. Způsob měření spočívá v roztočení do vysokých otáček a vymáčknutí spojky. Válec tak zpomaluje s odlišným zrychlením než kdyby přídatných ztát nebylo. Běžné hodnoty jsou kolem 15%, přičemž měřit lze pouze po spojku, dále máme ještě primární převod a spojku. Tento údaj je důležitý pro přepočtení veličin na motor tak jak jsme zvyklí. Údaje na motoru jsou jen dopočtené a ztráty se zpravidla neměří, a je jen na obsluhu kolik zadá. Další částí odvislou od obsluhy je zadávání aktuálních podmínek měření. Spalovací motor podává jiných výkonů při různé teplotě okolí (jiná hustota vzduchu), při jiné vlhkosti a různém tlaku. Aby se měření dalo aspoň trochu porovnávat dochází po zadání aktuálních meteorologických údajů k výpočtu korekce měření a úpravám výsledku. Z průběhu krouťícího momentu lze např. zjistit i prokluz kola či spojky, špatná dodávka paliva, přibližně bohatost směsi (motor je jinak závislý na ohřátí při bohaté a jinak při chudé směsi), vynechávající zapalování, ovšem většinu věcí jsme schopni zjišťovat mnohem přesněji širokopásmovou lambda-sondou nebo osciloskopem. [1]



Dynamometr SF-901

Obr. 6 (převzato z [1])



*Měření na válcovém dynamometru
AutoDyn 30*

Obr. 7 (převzato z [2])

3. PNEUMATIKY

Pneumatiky ve velké míře ovlivňují jízdní vlastnosti automobilu. Zkouší se v laboratořích výrobcem velkou škálou metod. Pneumatiky pro závodní automobil se liší od pneu používaných u sériových vozů. Velký důraz je kladen na správnou volbu pneumatiky a na její nahuštění. Mohou se plnit na určitý tlak vzduchem nebo směsí dusíku. Vzduchem se do pneumatiky dostane mnoho nečistot, jako např. olejové páry, prach, vlhkost či kyslík ze vzduchu a tím jí škodí. Nejlevnější z použitelných plynů je dusík a jeho směs. Je dostatečně inertní, nepodporuje hoření, neobsahuje kyslík, prach, vlhkost či olejové páry. I přes to všechno se používá hojně vysušený atmosférický vzduch.

Závodníci a jezdci soutěžních vozů věnují tlaku v pneumatikách velkou pozornost. Tlak je upravován před každou rychlostní zkouškou. Posádky mohou také s tlakem v pneumatikách taktizovat. Pokud například chtějí atakovat naplno již od startu rychlostní zkoušky, začnou záměrně s poněkud vyšším tlakem. Pokud chtějí naopak zrychlit až později v erzetě, nastaví si tlak o něco nižší. To je také často vysvětlení rozdílných mezičasů (splitů) u jezdců na srovnatelné úrovni.

3.1 MĚŘENÍ TLAKU

Tlak v pneumatice se měří **manometrem**. Prodává se v analogovém i digitálním provedení. Může být jako samostatný přístroj nebo součástí plnicí pistole. Zjišťuje vlastně přetlak plynu v pneumatice vůči atmosférickému tlaku. [9]



Pneuhustič s manometrem PHR220

Obr. 8 (převzato z [9])



Manometr Sabelt s glycerinem ,měřící rozsah 0 až 4 bar

Obr. 9 (převzato z [15])

3.2 MĚŘENÍ TEPLOTY

S tlakem se měří i teplota pneumatiky, jelikož ovlivňuje tlakové zatížení pneumatiky. Kola se hustí běžným atmosférickým vzduchem, který je však předem vysušen, což ulehčuje odhad chování gumy při závodních podmínkách. Kdyby byly pneumatiky nahuštěny nevysušeným vzduchem, míra jeho expanze by byla nekonzistentní a pečlivě propočítané nastavení zavěšení by ztrácelo smysl. Rozdíl v tlaku nahuštěných pneumatik za nízké a vysoké teploty může činit až 8 psi, takže malý rozdíl v procentuální vlhkosti vzduchu může způsobit velký rozdíl ve výkonnosti.

3.2.1 Teplotní nálepky

Jejich použití není omezeno pouze na měření teploty pneumatik, s oblibou se také využívají na brzdové čelisti a kotouče či jiné zahřívající se části automobilu.

Lze je rozdělit na dvě základní skupiny a to na vratné a nevratné teplotní nálepky (zobrazovače, idikátory). Nálepky se používají pro svou výhodu, že neovlivňují přenos při kontaktu s rozpouštědly, benziny, topnými oleji, lubrikanty, horkou vodou nebo párou. [10]

Nevratné teplotní nálepky - sestávají z jednoho nebo více na teplo citlivých indikátorů, utěsněných pod průhlednými tepelně odolnými okénky. Středové části kruhových indikátorů zčernají při teplotě uvedené na nálepce. Změna na černou barvu je nevratná. Jsou tedy pouze pro jednorázové použití - indikaci, že byla dosažena určitá teplota. Používají se v případech, kdy mechanik nemá přístup k nálepce na testované části. V následujícím čase může být nevratná nálepka prohlédnuta, zda byla určená teplota dosažena. [10]

Vratné teplotní nálepky - jsou obvykle používány jako pásek políček s určitými teplotami, které pokrývají požadovaný rozsah. Normálně černé políčko, přidružené ke každé vytištěné hodnotě teploty, změní barvu v blízkosti specifikované teploty. Jejich hlavní výhodou je opakované použití. [10]

3.2.2 Teplotní tablety, tužky, laky, peletky [10]



Teplotní laky



Teplotní měřící sada tužek

Obr. 10, 11 (převzato z [10])

3.2.3 Teploměry

Teploměry lze jednoduše rozdělit na analogové teploměry (bez potřeby napájení) a elektronické (digitální) teploměry, které se zpravidla skládají z teplotně citlivého senzoru a vyhodnocovací elektronické jednotky. Podle principu měření je mnoho druhů teploměrů, avšak některé typy se v automobilovém sportu nepoužívají. [12]

Vpichovací teploměry – jejich hlavní výhodou je skutečnost, že neměříme teplotu povrchu. Mají malý hrot, který snadno zapíchneme do vzorku pneumatiky. Vyrábí se jako digitální i klasické bimetalové s ručičkou a ciferníkem. Tento teploměr se vyznačuje rychlou odezvou a přesností. [12]



Digitální vpichovací teploměr DET2R

Obr. 12 (převzato z [12])

Bezdotykové teploměry - jsou elektronické přístroje pro rychlé a snadné bezkontaktní měření povrchové teploty. Měření je především velmi rychlé a snadné. Dobře lze měřit i teplotu pohybujících se součástí. Lze jimi zjistit i velmi vysoké teploty. Musíme si však uvědomit, že měří pouze povrchovou teplotu a proto nejsou vhodné pro přímé měření vysoce lesklých povrchů. Kromě používaných ručních se používají i přesnější stacionární bezdotykové teploměry. [11]



Bezdotykový teploměr AutoPro – určený hlavně pro autoopravárenství

Obr. 13 (převzato z [11])

Dotykové digitální teploměry – stejně jako bezdotykové se vyznačují rychlou reakcí. Způsob jejich použití je dán volbou vhodného typu teplotní sondy pro konkrétní měření. Jako příslušenství přístrojů patří snímač teploty pneumatik a čidlo pro zjišťování teploty brzd. Měří se opět teplota povrchu, což může v některých situacích ovlivnit přesnost.



Digitální dotykový teploměr Felixe

Obr. 14 (převzato z [15])

4. KOLA

Kola jsou vysoce namáhané části. Abychom dosáhli kvalitních jízdních vlastností, chceme disky s malou hmotností, avšak vysokou tuhostí a pevností.

4.1. VYVAŽOVÁNÍ KOL

Vyvážením disku jednak zlepšujeme jízdní vlastnosti, bezpečnost, ale také životnost mnoha komponentů automobilu. V zásadě mluvíme o nevyváženosti v případě, kdy hmota rotačního tělesa není pravidelně rozdělena okolo osy rotace. Základní nevyváženost může být statická nebo dynamická. Chybné vyvážení může mít různé druhy projevu. Kolo může poskakovat nebo kolísat. Může se také prodloužit brzdná dráha nebo ovlivnit chování vozu v zatáčkách. Všechny tyto příznaky se s rostoucí rychlostí projevují více.

Vyvažovačky lze rozdělit podle druhu vyvážení na stabilní a mobilní. V soutěžích se často používají klasické vyvažovací stroje jako najdeme v každém pneuservis. Ale například u formule se trochu liší. Konstrukce je podobná, jenom je přizpůsobena pro atypické kolo.

4.1.1 Stabilní vyvažovačky

Vyvažují se na nich kola, která jsou již sundaná z automobilu. Mohly by se dále rozdělit podle uložení hřídele na vertikální a horizontální. Hřídel bývá poháněna zpravidla řemenem. V současnosti se s výhodou používají více horizontální z důvodu lepší manipulace s těžkým diskem. [5]

Zařízení vyhodnotí souhrn dynamické a statické nevyváženosti na obou stranách kola. Ta se vyváží jediným závažím. Je však nutné provést kontrolní běh, tzn. že se posunou již nasazená závaží. Tím se zjistí rozdíl mezi hodnotou na displeji a skutečnou váhou závaží. Při správně seřízeném stroji lze vystačit s jedním kontrolním během. Každý moderní přístroj umožňuje automatickou volbu místa kam závaží nalepit. Dá se znovu najít po vyvolání programu. Mají vlastní test, signalizaci chyb, automatické zapnutí při zavření ochranného krytu a zabrzdění po měřicím běhu. Vyvažovačky disponují větším počtem programů pro různé typy vyvážení, ale i vlastní paměti. Stabilní vyvažovačky se vyrábí i v pojízdném provedení. [5]

Mezi přední výrobce vyvažovaček mimo jiné patří: Fasep, Teco, Corghi, Facom, Beissbarth, Space, Hofmann, Bosch, Sicam, a další.



Vyvažovačka kol John Bean b 9850 P

Obr. 15 (převzato z [3])

4.1.2 Mobilní vyvažovačky

Používají se k dovyvážení kola, které před namontováním bylo vyváženo na stabilní vyvažovačce. Proto se jí často říká „dovyvažovačka“. Cílem použití je eliminovat chyby způsobené výrobními tolerancemi upínacích částí kol a náprav či nevyváženost spolurotujících součástí. Lze vyvažovat kola hnacích i hnaných náprav a k obsluze stačí jeden mechanik. [5]



Mobilní vyvažovačka Cemb L88

Obr. 16 (převzato z [13])

5. PODVOZEK, GEOMETRIE NÁPRAV

Přední náprava má mimo hlavní funkce, tzn. odpružení, vedení kol, vrací kola do přímého směru, udržuje stabilitu jízdy a staví kola do takové polohy, aby se vždy plně odvalovala. Tyto vlastnosti jsou dány různým náklonem rejdového a otočného čepu kola.

Úhly a postavení kol jsou dány geometrií nápravy. To má vliv na dokonalé ovládnání vozu. Základním požadavkem je, aby se kola odvalovala a nikoliv smýkala při jízdě v zatáčce a přímém směru. O správných vlastnostech rozhoduje nastavená hodnota odchylek. Základní podmínkou geometrie je společný průsečík os všech kol. Měly by se měřit následující parametry: vůle volantu, převodovky řízení a čepů řízení, geometrie stopy kol, sbíhavost kol, příklon a záklon rejdového čepu, uhel rejdu. [5]

5.1 MĚŘENÍ SBÍHAVOSTI

Patří sem různé úhlooměry, délkoměry, pravítka, libely a také všelijaké přípravky. Výhodou je přímé měření délek a úhlů. To znamená, že měřené veličiny se zjišťují přímo na kolech automobilu.

Tyčový přípravek- používá se u provázkové metody pro měření sbíhavosti. Příkladá se proti disku dotykama. Má na krajích stupnice, které nám protíná pevně napnutý provázek a tím vidíme přesně hodnotu v mm nikoliv ve stupních. Měříme tedy rozdíl vzdálenosti přední a zadní části disku. Díky teleskopickým ramenům se přizpůsobí pro danou velikost kola. Provázková metoda je jako celek hodně rozšířená díky snadnému provedení a vysoké přesnosti. [7]



Zařízení pro měření sbíhavosti pomocí provázků

Obr. 17 (převzato z [7])



Provázková metoda měření sbíhavosti (přípravky pro uchycení struny)

Obr. 18 (převzato z [14])

Zaměřovací točna- je důležitý přípravek pro seřízení geometrie přední nápravy. I ve světle nových diagnostických technologií má neustále svůj význam už jen proto, že minimalizuje odpor pneu vůči zemi při pootočení volantem. Používá se k měření úhlu rejdu kola při natočení volantu. Vyrábějí se i v elektronickém provedení. [8]



Mechanická zaměřovací točna Turnplate

Obr. 19 (převzato z [8])

Firma Advancet Racing Technologies uvádí např.

Laserové měřidlo pro měření sbíhavosti - řeší problém přímého cejchování úhlu sbíhavosti u závodních vozů majících minimální světlou výšku podvozku. U okruhových automobilů a formulí by se jinak musel demontovat skelet vozu. S výhodou se proto používá „Toe In“, který lze použít i pro nezávislé odpružení kol. Avšak hlavní plus má v udržování opakovaného nastavení sbíhavosti. Po jednoduché kalibrační proceduře pro nastavení úhlu může pak provést seřízení jeden mechanik během několika minut. „Toe In“ se v praxi ukázal daleko přesnější než finančně nákladné a velké zařízení pro měření sbíhavosti. Nastaví se laserový paprsek a zrcadlo, aby zasáhl optickou hlavu a na noniusu se poté přečte hodnota na mikrometrickém noniusu s přesností 1/60 stupně. Tento plně přenosný přístroj je vyrobený převážně z hliníku. [7]



Laserové měřidlo úhlu sbíhavosti „ Toe In“

Obr. 20 (převzato z [7])

Laserový přístroj pro měření sbíhavosti zadní nápravy - je založený na principu odlišném od jiných měřičů sbíhavosti. Laserový paprsek prochází svisle a paralelně ke kolu. Hlavní výhodou oproti provázkové metodě je vyloučení dalšího mechanika. Jednotka je obousměrná a proto ji lze použít na obě kola vozu. Měření zahrnuje kontrolu geometrie zadní nápravy, nastavení sbíhavosti a přesazení nápravy. [14]



Obr. 21,22 Zařízení pro měření sbíhavosti, (převzato z [14])

Přípravky- patří sem různá mechanická zařízení. Jsou to obvykle různé tyče a obkročná měřidla s vestavenými posuvnými měřítky či úhlooměry. Mechanici si často sami vytvoří svoje přípravky, jenž slouží jako určité etalony pro znovu nastavení. Nastavení sbíhavosti u sportovního automobilu je totiž zdlouhavá a složitá záležitost u které se zapotřebí více mechaniků. Před závodem či při servisu, tudíž po výměně dílu související s geometrií se musí vůz znovu seřídít. Podle počátečních těžce zjištěných hodnot sbíhavosti se nastavili přípravky a podle nich se tedy znovu kdykoliv může nastavit sbíhavost kol. Na tomto principu znovunastavení pracuje spousta používaných zařízení.

5.2 MĚŘENÍ PŘÍKLONU/ODKLONU KOL

Úhloměr pro měření odklonu kol – poskytuje velmi přesné, opakovatelné a rychlé měření. Porovnává se rozdíl přístroje od vodorovné plochy. Má tři dotyky zajišťující rovinu. Díky možnému posunu dotyků lze měřit kola jakékoliv velikosti. [7]



Obr. 23 Digitální úhloměr pro měření příklonu/odklonu kol, (převzato z [16])

5.3 DALŠÍ MĚŘIDLA

Digitální měřič světlé výšky podvozku



Obr. 24 (převzato z [14])

Smyková deska – při měření a seřizování podvozku může dojít k chybě způsobené při pokládání vozu. Kola totiž při pokládání se vracejí do polohy po kruhové dráze a podlaha brání tomuto pohybu. Tato deska se s výhodou umísťuje na váhy. [14]



Smyková deska firmy MK Technologies

Obr. 25 (převzato z [14])

Elektronická nivelační váha – slouží pro určení roviny, velmi ovlivňující přesnost seřízení podvozku a zjišťuje zatížení jednotlivých kol vozu. Zařízení např. od firmy Jansen Competition dokáže dále přepočítat procentuální podíly, hodnotu zátěže kola na obou diagonálách nebo rozdíl zátěže přední a zadní nápravy. Vyrovnání mezi měřicí deskou a podlahou provádí automatická funkce. Zařízení disponuje výstupem na tiskárnu nebo i vlastní tiskárnou.[15] Měřicí desky bývají součástí nájezdové plošiny i zvedacího zařízení v dílně.



Nivelační váha Longacre Matrix

Obr. 26 (převzato z [15])



Ukázka použití nivelačních vah

Obr. 27 (převzato z [14])

6. ZÁVĚR

Cílem práce bylo vypracovat přehled zařízení k měření a seřizování závodního automobilu tedy přístrojů používaných k seřízení sportovního vozu a pro následnou kontrolu určitých parametrů měření.

Jednotlivá zařízení lze rozdělit podle použití, konstrukce a principu. Podle použití pro seřizování pneumatik (huštění, měření teploty), kol (vyvažování), motoru (dynamometry a elektrické přístroje), podvozku (měření a seřizování sbíhavosti, odklonu kol, výšky podvozku), ale i další přístroje, jenž zde nejsou uvedeny.

Zařízení jsou mechanická, elektrická, optická i kombinovaná. Výsledné hodnoty ukazují na analogových budících, digitálních displejích, noniusech, pravítkách i LCD obrazovkách. Každý používaný typ má své určité výhody i nevýhody, které si mechanici uvědomují a podle toho volí daný přístroj.

V mnoha případech se i navzdory dnešní vyspělé techniky osvědčují klasická mechanická zařízení snad díky své jednoduchosti, spolehlivosti a snadnému použití. Některé seřizovací metody jsou časově náročné a je k nim zapotřebí více lidí. Proto je cílem eliminovat použití pro jednoho mechanika a hlavně dobu seřizování a měření.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SuperFlow Technologies Group [on-line], dostupné z: <http://www.superflow.com/>
[datum poslední návštěvy 29.2.2008]
- [2] LSC MOTORSPORT, s. r. o. [on-line], dostupné z: <http://www.brazdil.com/>
[datum poslední návštěvy 23.4.2008]
- [3] Univer, s.r.o. [on-line], dostupné z: <http://www.univer.cz/produkty.php>
[datum poslední návštěvy 17.1.2008]
- [4] Wikipedie: Otevřená encyklopedie [on-line], dostupné z:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana, [datum poslední návštěvy
17.4.2008]
- [5] VLK,F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. ISBN 80-234-6573-0,
Nakladatelství VLK, Brno 2000.
- [6] Blue panter instruments [on-line], dostupné z:
http://www.bluepanther.cz/bank/doc/FLUKE_125_cz.pdf, [datum poslední návštěvy
9.4.2008]
- [7] Advanced Racing Technologies, Inc. [on-line], dostupné z:
<http://www.advancedracing.com/index1.php>, , [datum poslední návštěvy 18.4.2008]
- [8] KH Trading s.r.o.[on-line], dostupné z: <http://www.uni-max.cz/>, [datum poslední
návštěvy 11.2.2008]
- [9] Roman Pevný, vybavení autoservisů [on-line], dostupné z:
<http://www.roman-pevny.cz/www/pevny/default.asp>, [datum poslední návštěvy
21.3.2008]
- [10] Newport Electronics, spol. s r.o. [on-line], dostupné z: <http://www.omegaeng.cz/>
[datum poslední návštěvy 9.12.2007]
- [11] Ing. Miloš Hušek-QTEST [on-line], dostupné z: <http://www.qtest.cz/>, [datum poslední
návštěvy 4.1.2008]
- [12] Deramax [on-line], dostupné z: <http://www.deramax.cz/select.php>, [datum poslední
návštěvy 17.2.2008]
- [13] Autoimpex, s.r.o. [on-line], dostupné z: <http://www.cemb.cz/>, [datum poslední návštěvy
15.4.2008]
- [14] MK Technologies [on-line], dostupné z: <http://www.mktechnologies.com/>, [datum
poslední návštěvy 19.5.2008]
- [15] IP Racing Shop [on-line], dostupné z: [http://shop.ipracingshop.com/192__JANSEN-
COMPETITION---dily-pro-motorsport.html](http://shop.ipracingshop.com/192__JANSEN-COMPETITION---dily-pro-motorsport.html), [datum poslední návštěvy 14.5.2008]