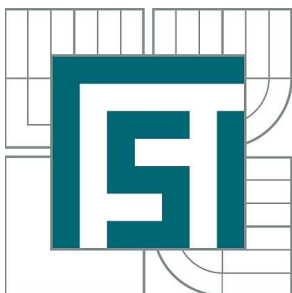


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

MĚŘICÍ SYSTÉMY ZÁVODNÍCH AUTOMOBILŮ

RACE CAR DATALOGGERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ŠTEFAN JOB

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR PORTEŠ, Dr.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Štefan Job

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 kúšebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Měřicí systémy závodních automobilů

v anglickém jazyce:

Race Car Dataloggers

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V současné době jsou závodní okruhové automobily vybaveny měřicími systémy zaznamenávající řadu fyzikálních veličin během jízdy vozidla. Úkolem je zjistit jaké závodní dataloggery se v současné době používají, jaké veličiny se snímají a jakou informaci poskytují řidiči nebo závodnímu inženýrovi.

Cíle bakalářské práce:

Cílem je vypracovat přehled měřících systému používaných na závodních automobilech s ohledem na počet a typ měřených signálů a způsob jejich využití.

Seznam odborné literatury:

McBeath, S. Competition car data logging: A practical handbook. 2. vydání. Sparkford: Haynes Publishing, 2003, 158 s. ISBN 1-85960-653-9

Bosch, R. Automotive Handbook. 5th edition. 2002. Society of Automotive Engineers (SAE). ISBN: 0837612438

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Porteš, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 10.11.2009

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Anotace

Tato práce se zabývá měřicími systémy závodních automobilů. Cílem této práce je popsat v současné době používané datalogery, určit jaké veličiny se snímají a jakou informaci poskytují řidiči nebo závodnímu inženýrovi. Dále zmínit firmy vyrábějící datalogery a porovnat jejich výrobky.

Samotná práce je rozdělena do čtyř základních částí. Jedná se o základní pojmy používané v dané problematice, popis součástí záznamových zařízení a popis firem zabývajících se výrobou datalogerů. V závěru je celkové zhodnocení této práce.

Klíčová slova

Měřicí systémy, závodní, automobily, záznamová zařízení, senzor, data, software.

Annotation

This work is focused on race car dataloggers. The goal of this work is put on depicting the dataloggers that are used in the time being and also on the data that are measured as well as the information they provide to the driver or racing engineer.

The work itself is divided into four main parts. They deal with the basic terms regarding this topic, the description of the dataloggers and of the companies that specialize in the datalogger production. The conclusion contains general evaluation of this work.

Key words

Acquisition systems, racing, cars, dataloggers, sensor, data, software.

Bibliografická citace

JOB, Š. Měřicí systémy závodních automobilů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 26 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Porteš, Dr.

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Portešovi, Dr za vedení, cenné rady a vstřícnost, kterou během psaní této práce projevoval. Dále také děkuji své rodině a přátelům za podporu a neutuchající trpělivost.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Měřicí systémy závodních automobilů“ vypracoval samostatně bez cizí pomoci, na základě rad a pokynů vedoucího bakalářské práce. Vycházel jsem, přitom ze svých znalostí, odborných konzultací a literárních zdrojů.

.....
Štefan Job

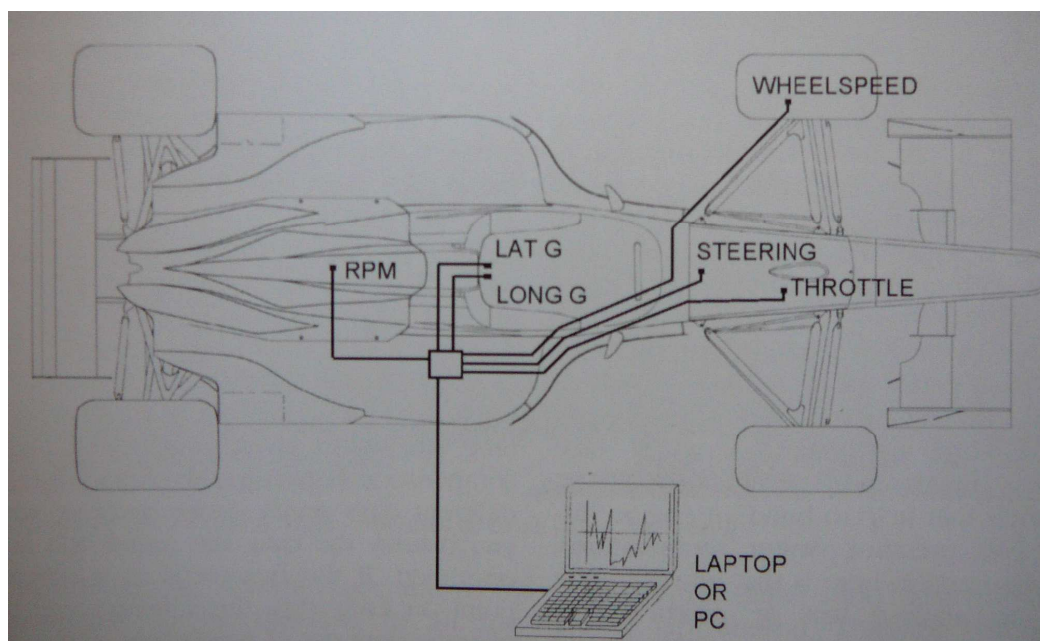
Obsah

ÚVOD	8
1. ZÁKLADNÍ POJMY	9
1.1 DRUHY SHROMAŽĎOVANÝCH DAT	9
1.2 SENZORY	10
1.3 ZÁZNAMOVÁ HUSTOTA A PAMĚŤ	10
1.4 STAHOVÁNÍ A ANALÝZA DAT	11
1.5 DRUHY ZÁZNAMOVÝCH ZAŘÍZENÍ.....	11
2. INFORMACE POSKYTOVANÉ ŘIDIČI NEBO ZÁVODNÍMU INŽENÝROVI	11
3. SOUČÁSTI ZÁZNAMOVÝCH ZAŘÍZENÍ	12
3.1 VHODNÉ UMÍSTĚNÍ KOMPONENT	12
3.2 KONKRÉTNÍ DRUHY SENZORŮ	12
3.2.1 Rychlostní senzory	12
3.2.2 Snímače polohy.....	13
3.2.3 Senzory zrychlení	13
3.2.4 Teplotní senzory.....	14
3.2.5 Tlakové senzory	14
3.2.6 Aerodynamické senzory.....	15
3.2.7 Lambda senzory.....	15
4. PŘEHLED VÝROBCŮ MĚŘÍCÍCH SYSTÉMŮ A STRUČNÝ POPIS PRODUKTŮ	16
4.1 MOTEC	16
4.2 AIM	18
4.3 MTA CORSE	19
4.4 MAGNETI MARELLI	20
4.5 PI RESEARCH	21
4.6 TEXYS	22
4.7 BOSCH.....	23
4.8 STACK.....	24
4.9 MICHL-MOTORSPORT	25
ZÁVĚR	27
LITERATURA:	28

Úvod

Měřicí systémy závodních automobilů získávají stále větší a větší slovo nejen při jejich testování, ale i samotných závodech. Při vyrovnanosti závodníků i techniky rozhodují často o vítězství nebo prohře setiny sekundy a právě datalogery mohou spolu s velkým množstvím senzorů a špičkovým softwarem tyto cenné fragmenty času zajistit. Závisí na nich nejen správné nastavení celého vozu zvyšující rychlost, přilnavost nebo výdrž agregátu, ale také soutěžní taktika, která nejednou hrála velkou roli v bojích o mistrovské body. Ruku v ruce s úspěchem jdou samozřejmě také finance. Ne každý si může dovolit špičkové vybavení pro záznam a analýzu dat, proto výrobci přichází se širokou paletou techniky přímo „ušité“ na míru každému týmu a každé situaci. V této práci bych Vás rád seznámil s problematikou měřicích systémů a s nabídkou předních producentů těchto zařízení spolu s jejich využitím pro měření nejrůznějších hodnot na voze.

1. Základní pojmy



Obr. 1.1 Schéma zapojení multikanálového záznamového zařízení [1]

1.1 Druhy shromažďovaných dat

V oblasti datalogingu není mnoho zdrojů, především jsem čerpal z knihy *Competition car data logging* od Simona McBeath [1].

Veškeré druhy shromažďovaných dat by se daly rozdělit do třech základních kategorií: Motor, podvozek a řidič. Jelikož je závodní automobil komplexní zařízení, velmi často se tyto kategorie mohou prolínat. Nejčastěji měřené parametry v motorové části jsou otáčky motoru, tlak oleje a paliva, teplota chladicí kapaliny a oleje, plnicí tlak turbokompresoru, teplota výfukového potrubí, napětí baterie, teplota nasávaného vzduchu a pozice škrticí klapky. K údajům zaznamenávaným na podvozku automobilu patří rychlost kol, úhel natočení kol, podélné a boční zrychlení, tlak v brzdovém potrubí, pohyb tlumičů a zařazený rychlostní stupeň. Pro vyšší úroveň automobilového sportu se mohou měřit i otáčky hnacího hřídele, zatížení tlumičů, rychlost obtékání vzduchu, tlak v pneumatikách, teploty pneumatik a brzdových disků, aerodynamické parametry jako tlak vzduchu na jednotlivé části vozu a pozice vozu pomocí GPS. Parametry měřené u řidiče jsou v mnoha případech stejné jako na karoserii popřípadě motoru, zjednodušeně řečeno jsou to ty, které řidič přímo ovlivňuje, tedy: pozice škrticí klapky, zařazená rychlost, úhel natočení kol, tlak v brzdovém potrubí, otáčky motoru nebo rychlost. Samozřejmě jde v první řadě o rychlost. Proto právě ona by měla být základem všech měření a spolu s úhlem natočení kol a pozicí škrticí klapky dává základní obraz o chování automobilu. Další na řadě je měření sil působících na vůz při zrychlení nebo brzdění. Spolu s předchozími údaji mohou dát dohromady takzvaný profil trati, který ulehčuje další práci a vyhodnocování získaných dat. Zapomenout nesmíme ani na otáčky motoru. Jejich zaznamenávání je nejlevnějším způsobem, jak se o automobilu a řidiči dozvědět co nejvíce informací, například správnost řazení rychlostních stupňů, adekvátnost naladění motoru pro danou trať nebo rychlost v každém úseku trati.

1.2 Senzory



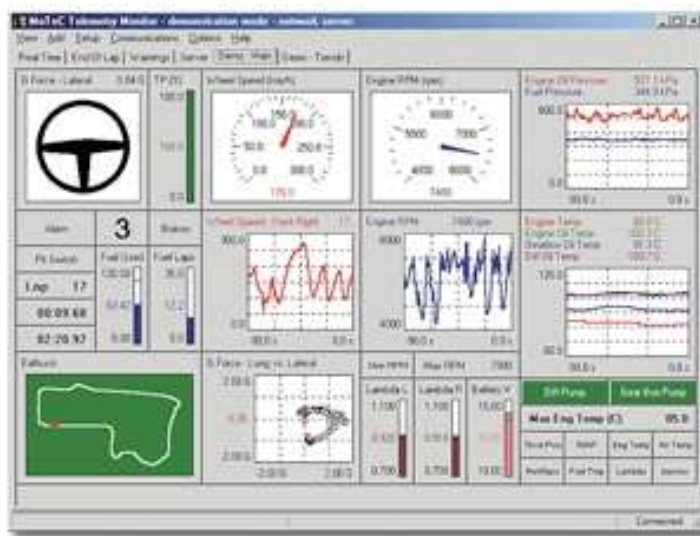
Obr. 1.2 Senzor Texys pro měření teploty kapalin [2]

K měření většiny parametrů jsou zapotřebí senzory instalované přímo do vozidla. Jejich účelem je naměřené hodnoty převést na elektronický signál a odeslat je k záznamovému zařízení, které ho porovná s předdefinovanými záznamy a uloží je do paměti. Existuje mnoho senzorů přizpůsobených konkrétnímu měření například teploty, tlaku, zrychlení, napětí v materiálu nebo měnicího se magnetického pole. Každý senzor spojený se záznamovým zařízením představuje jeden „kanál“. Počet těchto kanálů je omezen schopností záznamového zařízení pojmout určitý počet vstupů. Od jednobáňových záznamových tachometrů až po několikasetkanálové profesionální zařízení.

1.3 Záznamová hustota a paměť

Velmi důležitým faktorem při výběru správného senzoru je záznamová hustota. Ta udává počet zápisů do paměti datalogeru za jednu sekundu. V současné době jsou na trhu záznamová zařízení s frekvencemi od cca desítek Hz až po top datalogery se záznamovými hustotami 5000 Hz. Tyto zařízení také umožňují nastavit frekvence pro každý senzor samostatně včetně minimálních frekvencí nižších než 1 Hz. Ty jsou potřebné pro pomalu se měnící veličiny jako teplota chladicí kapaliny. Zde stačí snímat změny jednou za několik vteřin a šetřit tak paměť datalogeru. Naproti tomu existují veličiny které vyžadují vysoké frekvence měření jako pohyb tlumičů. Zde se změny polohy uskutečňují během setin sekundy a pomalejší senzor by je vůbec nemusel zaznamenat. Další důležitou vlastností datalogeru je paměť. Počet kanálů spolu se záznamovou hustotou určuje potřebnou paměť záznamového zařízení. Jednoduše řečeno, čím více kanálů a větší záznamová hustota, tím větší paměť je potřeba. Samozřejmě tato potřeba paměti je také dána typem závodu, pro který je dataloger užíván. Například pro závody do vrchu, které trvají jen několik málo minut, není potřeba takové množství paměti jako pro okruhové závody, kde automobily měří data i v řádech hodin. Současné datalogery lze pořídit s pamětí od jednotek Mb až po několik Gb.

1.4 Stahování a analýza dat



Obr. 1.3 Motec Telemetry monitor [3]

Stahování dat ze záznamového zařízení se může dít několika způsoby. Klasickým, tedy přes kabel, nejčastěji USB (rychlost řádově ve stovkách kb/s) nebo síťový kabel (rychlost řádově v Mb/s). Další řešení stahování dat nabízí vyměnitelné paměťové karty nebo nejmodernější zasílání dat do boxů přímo z vozu pomocí GPS. Dalším způsobem stahování dat a monitorování vozu přímo na trati je telemetrie. Záznamové zařízení vysílá zaznamenané signály do boxů, kde jsou okamžitě zpracovávány a vyhodnocovány, obr. 1.3. Tento způsob záznamu dat pomáhá při závodech předjet vážným nehodám nebo zvolit správnou strategii. Po stáhnutí dat do počítače pomocí k tomu určeného softwaru (určený též ke kalibraci zařízení) přichází na řadu vyhodnocovací software. Ten údaje nejčastěji řadí do tabulek a zpracovává do přehledných grafů.

1.5 Druhy záznamových zařízení

V závislosti na množství peněz zákazníka nabízí trh širokou škálu záznamových zařízení od jednoduchých záznamových tachometrů, přes několikakanálové datalogery spojené s digitálním displejem, mnohakanálové datalogery pro profesionálnější závody, až po špičková zařízení s cenou rovnající se cenně rodinného domku. Jako první dataloger se objevil na trhu záznamový tachometr od firmy Stack, který umožňoval záznam až několika minut a přehrával ho přímo na svůj displej. Během dalšího vývoje přišla samozřejmě možnost připojit záznamové zařízení k počítači, čímž ovšem vzrostla jeho cena o 50%. Jako další přicházely na trh se svými několikakanálovými výrobky firmy jako Stack, Motec, nebo PI Research.

2. Informace poskytované řidiči nebo závodnímu inženýrovi

Informace poskytovaná řidiči je velmi úzce svázána s použitým typem senzoru, a proto je podrobně popsána u každého druhu senzoru zvlášť.

3. Součásti záznamových zařízení

Záznamová zařízení se skládají ze senzorů zaznamenávajících data, samotného datalogeru a propojovacích kabelů, které zajišťují jak komunikaci senzorů s datalogerem tak přenos dat z datalogeru do osobního počítače.

3.1 Vhodné umístění komponent

Samotná jednotka datalogeru se nejčastěji umísťuje do kokpitu automobilu pro lepší ochranu před nepříznivými vlivy počasí, teplem z motoru a jiných horkých součástí a dalšími nežádoucími elektromagnetickými vlivy. Naopak senzory musí být umístěny v bezprostřední blízkosti sledovaných objektů i přesto že velká část senzorů dokáže snímat sledované veličiny bezdotykově. Výjimkou jsou akcelerometry a G-senzory které musí být umístěny co nejbližší těžišti vozu a stran všech otřesů. Umístění na jednom nebo druhém konci vozu by mohlo ovlivnit výsledky měření v důsledku například přetáčivosti. Velmi často se tyto senzory vkládají přímo do datalogeru. Také kabely musí být umístěny mimo vlivy elektromagnetického záření, tepla nebo vibrací, mohlo by dojít ke zkreslení výsledků nebo přerušení kabeláže.

3.2 Konkrétní druhy senzorů

3.2.1 Rychlostní senzory

Existuje mnoho druhů senzorů rychlosti, ale všechny mají jedno společné: Měří rychlost rotace, obr. 3.1. Tedy i senzor měřící rychlost jízdy vozidla, měří rychlost rotace kola a tu poté převádí díky své kalibraci na rychlost automobilu. Další parametry, které mohou měřit rychlostní senzory, jsou například rychlost rotace klikového hřídele (tedy i úhel natočení) nebo vačkového hřídele, rychlost turba, nebo mohou monitorovat otáčky motoru, funkci ABS a kontroly trakce. Základní princip samotného měření je velmi jednoduchý, magnetický snímač zaznamenává průchody jiného magnetu, připevněného na rotující součást. U složitějších senzorů měří snímač změnu elektrických vlastností jednoho nebo více železných objektů procházejících kolem něj. Ať tak či tak, základ je stejný, měření změn magnetických nebo elektrických vlastností, které se převádí na otáčky a ty se převádí na rychlost jízdy. Senzor je obvykle pevně uchycen k náboji kola nebo jinému vhodnému statickému předmětu pomocí držáku. Vzdálenost od měřeného objektu je obvykle 0,5 až 1,5 milimetru.



Obr. 3.1 Senzor rychlosti [4]

3.2.2 Snímače polohy

Senzory snímající buď rotační, nebo lineární pohyb, obr 3.2. Obvykle se používají pro měření úhlu řízení, pozice škrticí klapky, pohybu zavěšení, opotřebení brzdových disků a destiček a zařazení rychlosti při sekvenčním řazení. Rotační typ senzorů funguje na principu odporových potenciometrů. Obvykle je uvnitř senzoru kovový kartáček, který se dotýká odporového materiálu a pokud je kartáček v pohybu, je možné měřit změny v napětí. Senzory mohou být uváděny do pohybu přímo, například umístěním na jednom konci hřídele, nebo nepřímo, pomocí gumových pásků, o-kroužků a kladek. Lineární snímače fungují na stejném principu změny odporu při lineárním pohybu. Užívá se k zaznamenávání pozice plynového pedálu a měření pohybu zavěšení. V nabídce jsou nejrůznější délky senzorů s možností zdvihu od 10mm do 350 mm. V současné době se také používají LVDT (linear variable differential transformer) nebo RVDT (rotary variable differential transformer) senzory jejichž princip spočívá v pohybu magnetického jádra, které indukuje různé napětí. Tento systém je velmi přesný ale také finančně náročný. Používá se k monitorování pohybu zavěšení a opotřebení brzd.



Obr. 3.2 Lineární pohybový senzor od firmy Penny – Giles [5]

3.2.3 Senzory zrychlení

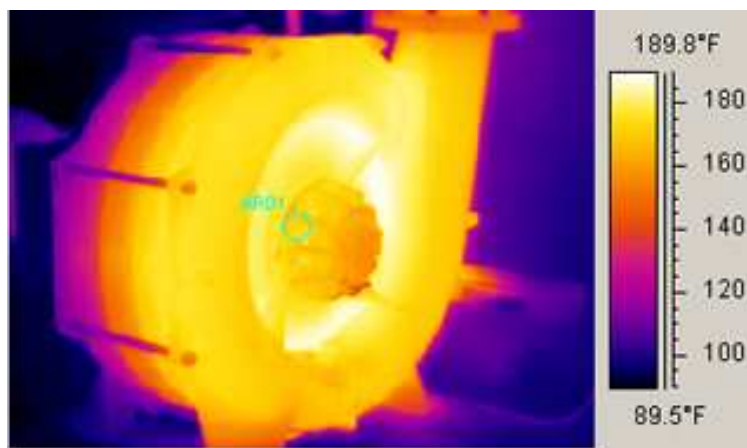
Senzory zrychlení nebo také G – senzory jsou užívány k měření sil způsobených zrychlením, brzděním nebo zatáčením. Akcelerace a brzdění se děje po podélné ose automobilu, síly při zatáčení působí po příčné ose. Akcelerační síly jsou brány jako kladné, decelerační jako záporné. Naměřené zrychlení se obvykle udává v jednotkách G. Setrvačná síla, úměrná tomuto zrychlení, působí na každou hmotu na Zemi. Princip měření spočívá v tom, že malá hmota zavěšená na minimálně pohyblivých trámčích koná pohyb podle působení vnějších sil. Měřiče napětí umístěné v trámčích zaznamenávají tento pohyb a převádí jej na odpovídající elektrické napětí. Senzory zrychlení musí být umístěny na naprosto rovné podložce, v odpovídající poloze vůči osám vozu a nejlépe přímo v těžišti. Tyto senzory se používají nejen k zjišťování dynamiky vozidla ale také k mapování trati. Existují 3 druhy senzorů: Jednoosé, dvouosé a trojosé, obr. 3.3. Měřící rozsah obvykle postačuje od -5 do 5 G, k dispozici jsou ovšem i výrobky schopné měřit přetížení až 30G.



Obr. 3.3 3-osý accelerometer od firmy KA sensors [6]

3.2.4 Teplotní senzory

Existuje mnoho druhů teplotních senzorů pro měření v kapalinách (voda, olej, palivo,...), ve vzduchu nebo v horkých plynech (ve výfukovém potrubí). Další způsob měření je bezkontaktní snímání vyzařovaného záření, například pneumatik nebo brzdových disků. Většina snímačů pracuje na principu termočlánku nebo termistoru, jehož elektrické vlastnosti se mění spolu s teplotou. Nejčastější použití pro teplotní senzory je na měření teplot oleje, hydraulických kapalin, chladicích kapalin, nasávaného vzduchu, vzduchu v kabině, výfukových plynů, ... Nejmodernějším způsobem měření teplot jsou termokamery, které zobrazují rozložení teplot na povrchu tělesa pomocí barev, obr. 3.4.



Obr. 3.4 Termofotografie turbokompresoru [7]

3.2.5 Tlakové senzory

Tlakové senzory jsou nejčastěji užívány k měření tlaku nasávaného vzduchu, tlaku v turbokompresoru, tlaku paliva, oleje a hydraulických kapalin například v brzdách. Různé využití klade také různé požadavky na senzory. Ty musí zvládat tlaky od nízkých (řádově stovky kPa při nasávání vzduchu do motoru) až po velmi vysoké hodnoty (desítky MPa v hydraulických obvodech). Pro měření tlaku se používají dvě základní metody. První metoda využívá membránu umístěnou v senzoru. Na ni působící tlak vytváří napětí, které je měřeno a převáděno na elektrický signál. Druhá metoda využívá piezo-elektrický efekt, založený na vlastnosti různých krystalů a keramiky při tlaku produkovat slabý elektrický proud. Tyto materiály jsou vhodné pro kompaktní tlakové senzory s velkým rozsahem měření. Novinkou

v produkci tlakových senzorů jsou takzvané mapovací tlakové podložky používané například pro zjišťování tlaku pneumatik na vozovku. Výstup při tomto měření je podobně jako u termokamer barevný profil v závislosti na intenzitě tlaku, obr. 3.5.



Obr. 3.5 výsledek tlakové analýzy pneumatiky [8]

3.2.6 Aerodynamické senzory

Aerodynamické senzory mohou být buď nízkorozsahové tlakové senzory nebo senzory na měření rychlosti vzduchu. Změny tlaku proudícího vzduchu okolo závodního automobilu jsou velmi nízké, proto musí být tlakové senzory schopné měřit změny od 7 do 14 kPa. Užívají se zde piezo-elektrické senzory. Pro měření rychlosti proudícího vzduchu jsou užívány dvě metody. První je Prandtlova trubice (malá dutá trubička) vystavená působení vzduchu nad povrchem automobilu. Pomocí bernouliho rovnice vyhodnocuje dynamický tlak vzduchu a z něj určuje rychlost proudícího vzduchu. Druhá metoda využívá „vrtuli“ připevněnou ložiskem s nízkým třením, která přepočítává svůj rotační pohyb na rychlost proudění vzduchu.

3.2.7 Lambda senzory

Lambda senzory měří poměr množství vzduchu a paliva přítomného při spalování. Pokud je množství paliva odpovídající množství vzduchu, nazývá se směs stechiometrická a lambda ukazuje hodnotu 1. Pokud je směs bohatá, převažuje palivo, lambda vykazuje hodnoty menší než 1. Pro chudou směs s přebytkem vzduchu platí hodnoty větší než 1. Ideální poměr vzduchu a paliva se liší podle druhu užití pohonné hmoty, pro benzín je to 14,7:1. U závodních automobilů se používají širokopásmové lambda senzory, které dávají přesné údaje o poměru vzduch/palivo. Ideální naladění motoru pro maximální výkon je při hodnotách lambdy mezi 0,8 a 0,94.

4. Přehled výrobců měřících systémů a stručný popis produktů

4.1 MoTeC



Obr. 4.1 Dataloger Motec ACL [3]

SDL

Kombinace záznamového zařízení a displeje s interní pamětí 8 Mb, záznamovou hustotou přes 500 vzorků za vteřinu a 23 vstupy /výstupy. Zobrazuje okruhové časy, vypočítává množství paliva, zaznamenává minimální a maximální dosažené rychlosti.

ADL3

Kombinace záznamového zařízení a displeje s interní pamětí 16 Mb rozšířitelnou na 250 Mb, záznamovou hustotou 1000 vzorků za vteřinu a 30 vstupy/výstupy. Zobrazuje okruhové časy, vypočítává množství paliva, zaznamenává minimální a maximální dosažené rychlosti.

EDL3

Záznamové zařízení s interní pamětí 8 Mb, záznamovou hustotou 1000 vzorků za vteřinu a 30 vstupy/výstupy. Zobrazuje základní údaje plus motorové záznamy, časy, tabulky, telemetrii a další.

ACL

Profesionální záznamové zařízení s pamětí 1 Gb, záznamovou hustotou 5000 vzorků za vteřinu a možností připojit až 200 vstupů, obr. 4.1.

LTC (LTCD)

Monitorovací lambda modul využívající senzor Bosch, měří množství vzduchu ve směsi s palivem při spalování.

Infrared temperature sensors

Teplotní senzory pro bezkontaktní měření s velkým rozsahem. (např. teplota pneumatik, brzdových kotoučů, motorových bloků,...)

Thermocouple temperature sensors

Teplotní senzor s velkým rozsahem vhodný pro měření nejteplejších součástí jako brzdové disky nebo výfuky. V nabídce jsou dva typy: nechráněný s větší měřicí hustotou a tudíž lépe reagující na změny teplot ale méně odolný nebo chráněný.

Hall and magnetic sensors

Senzory převážně používané k měření otáček klikové hřídele nebo rychlosti kol.

Position sensors

Senzory snímající pozici vybraného objektu (např. měření pozice tlumičů, brzd, škrtků klapky,...)

Force and motion sensors

Senzory snímající zatížení v různých částech vozidla (měření akcelerace, brzdných a bočních sil, přetáčivosti a nedotáčivosti, otřesů,...)

VCS (video capture system)

Videokamera se záznamovým zařízením (až 16 Gb paměti) pro pořizování videa v MPEG-2 formátu. Pomocí sběrnice CAN komunikuje s ostatními senzory a údaje vkládá v reálném čase přímo do záznamu. Zobrazuje pozici plynového pedálu, rychlost, otáčky za minutu, přetížení, míru brzdění, zařazenou rychlost, údaje o probíhající kole a o poloze volantu.

i2 software

Vyhodnocovací software dostupný ve dvou provedení: i2 Standart, zdarma pro všechny zákazníky a i2 Pro, placený software s většími možnostmi. Je využitelný nejen pro okruhové závody, rallye, sprinty ale i motocyklové závody. Aktuální verze softwaru je 1.03 podporující GPS měření času a automatickou synchronizaci videa.

Telemetry software

Software umožňující přijímat a zpracovávat data o závodním voze přímo z trati. Program zobrazuje měřené hodnoty pomocí sloupcových grafů, virtuálního volantu, nebo budíků pro lepší přehlednost. To umožňuje okamžitě reagovat na kritické situace, defekty nebo aktuální vývoj situace na trati. Aktuální verze softwaru je 2.3.0



Obr. 4.2 Dataloger AIM EVO 3 [9]

4.2 AIM

EVO3

Záznamové zařízení s pamětí 16 Mb a záznamovou hustotou 5000 vzorků za vteřinu, obr. 4.2. Umožňuje záznam otáček motoru, rychlosti, teplot, tlaku oleje, času na kolo, atd...

EVO4

Záznamové zařízení s pamětí 8 Mb a záznamovou hustotou 5000 vzorků za vteřinu.

GPS Module

GPS modul umožňující kompletní rozbor chování vozu na trati (rychlost, držení se ideální stopy) ale také například boční zatížení vozu nebo poloměry zatáčení.

Smarty cam

Umožňuje natáčení videa a sběr záznamů. Dokáže zobrazit přetížení, pozici plynového pedálu, rychlost, otáčky za minutu, míru brzdění, zařazenou rychlost a údaje o probíhajícím kole.

MXL PRO05

Kombinace záznamového zařízení a displeje s interní pamětí 16 Mb a záznamovou hustotou 4000 vzorků za vteřinu. Umožňuje sledovat teplotu vody, tlak v oleji, změny tlaku na tlumičích a v řízení.

Race studio 2

Firma AIM dodává zdarma tento software, který slouží nejen k nastavení datalogeru a downloadu dat ale také k pozdější analýze dat (Race studio analysis). Pracuje pod Windows XP, ME, 2000 a 98 SE. K dispozici je v mnoha světových jazycích. Nejnovější verze 02.30.13.

Temperature sensors, pressure sensors, displacement sensors, speed sensors.

4.3 MTA Corse



Obr. 4.3 MTA Corse phoenix dash logger [10]

Corse lizard data logging module

Základní model záznamového zařízení s pamětí až 64 Mb, vzorkovací frekvencí 2000 Hz a dvěma CAN sběrnicemi.

Corse visus04 video logger system

Záznamové zařízení pro sběr až 4 video stop a jedné audio stopy. Tyto stopy jsou ukládány na až 16 Gb velkou paměť a poté synchronizovány s údaji z jiných záznamových zařízení.

Corse phoenix dash logger

Kombinace záznamového zařízení a displeje. Záznamová hustota 2000 Hz, maximální paměť 64 Mb a sběrnice CAN, obr. 4.3.

Corse eagle dash logger

Díky své velikosti je výborně využitelný pro motokárové závody, paměť je 512 kb a vzorkovací frekvence 2000 Hz.

Corse cougar dash display

Záznamové zařízení s displejem s pamětí 512 kb a vzorkovací frekvencí 2000 Hz.

Dataview analysis software

Software pro analýzu dat a telemetrii nabízený ve třech verzích: Easy, nabízí základní možnosti pro sběr dat, Standard, placená verze s velkými možnostmi analýzy dat a konečně Licensed, která zaručuje největší zabezpečení před přístupem cizích osob.

4.4 Magneti marelli



Obr. 4.4 Magneti marelli RDL [11]

DDU 310 colour dash logger

Kombinace displeje a záznamového zařízení s pamětí až 128 Mb a záznamovou hustotou 1kHz.

RDL

Záznamové zařízení s pamětí 32 Mb a záznamovou hustotou 1 kHz, obr. 4.4. Obsahuje vysokorychlostní ethernetovou linku a 2 CAN linky.

Wintax

Software nabízený ve verzích Junior, User a Team. První jmenovaný je zdarma a obsahuje základní nástroje pro analýzu dat. Verze User je placená a nabízí správu dat vhodnou zejména pro závody cestovních vozů nebo motocyklů. Poslední verze je určena profesionálním týmům v závodech Moto GP, Superbiků, cestovních vozů, GT nebo Rallye. Tato verze samozřejmě nabízí také možnost telemetrie.

HRDL

Špička nabídky značky Magneti marelli nabízí mimo jiné 512 Mb, vzorkovací frekvenci 1000 Hz a velmi lehkou konstrukci (230 g).

Air and water temperature sensor, Mag speed sensor.



Obr 4.5 PI lightweight logger box [12]

4.5 PI research

Sigma elite junior

Záznamové zařízení s pamětí 128 Mb a záznamovou hustotou 1 kHz. Nabízí 16 analogových a 8 digitálních kanálů.

Delta pro

Záznamové zařízení se záznamovou hustotou 500 Hz, 34mi analogovými a 6ti digitálními kanály, nabízí rovněž sběrnici CAN.

Lightweight logger box

Záznamové zařízení velmi malých rozměrů se zvýšenou odolností do extrémních podmínek (např. formule 1,...), obr. 4.5.

Pi Toolbox

Software nabízený ve dvou verzích: Lite a Pro. Umožňuje analýzu dat stejně jako telemetrii. Pracuje pod Windows XP a 2000. Poslední verze 6.

Wide band lambda sensor, strain gauges

4.6 Texys



Obr 4.6 Teplotní senzory od firmy Texys [2]

Pyrometer IRN1

Zařízení pro bezdotykové měření teploty objektů díky emitovanému infra záření, obr 4.6. Rozsah 150 nebo 200 °C s odchylkou 0,2% nebo rozsah 1000 °C s odchylkou 0,3%.

Accelerometers

Zařízení měřící přetížení až 20 G se záznamovou hustotou až 1 kHz. V nabídce je plynový nebo kapacitní, jednoosý nebo dvouosý accelerometer.

Gyroscope

Thermocouple connector

Konektory měřící teplotu v rozsahu od -100°C do 1250°C.

Dry air differential pressure sensore

Tlakový senzor měřící aerodynamiku vozu.

Gear shift device

Zařízení k bezspojkovému řazení rychlostí.

Miniature pressure sensor

Senzor měřící tlak v kapalinách v rozsahu 5 až 250 barů až do teploty 150°C.

Pitot sensors

Prandtlova trubice pro měření rychlosti proudícího vzduchu.

Texense T°display

Kompletní měřící kit pro záznam teplot pneumatik popřípadě brzdových disků se snímačem rychlosti.

4.7 Bosch



Obr 4.7 Lambda senzor od firmy Bosch [13]

Lambda sensors

Lambda senzory s rozsahy od 0,7 do libovolné hodnoty, obr 4.7.

Infrared temperature sensors

Bezdotykové teplotní senzory pro měření teplot například brzdových disků, pneumatik, hlav válců,...

Temperature sensors

Teplotní senzory pro snímání teplot kapalin a plynů.

Pitot tube

Prandtlůva trubice pro měření rychlosti proudícího vzduchu. V kombinaci s tlakovými senzory zabezpečuje ideální měření rychlosti bez započítávání prokluzu kol.

Air pressure sensors

Senzory k měření absolutního tlaku vzduchu například v sacím potrubí.

Data logger C60

Špičkový data logger s pamětí 2 Gb, telemetrií a vzorkovací frekvencí 1000 Hz. Cena tohoto záznamového zařízení je 3560 EUR.

WinDarab

Software pro analýzu dat dostupný ve verzích Free, Light a Expert. Ceny pro rok 2009 jsou stanoveny na 3890 Eur za Light a 5180 Eur za Expert.

4.8 Stack

Multi function recorder

Univerzální dataloger s pamětí 32 Mb vybavený sběrníci CAN, umožňující záznam až 45 kanálů, wi-fi vysílačem, GPS, nebo tříosým akcelerometrem.

Multi-function dash display

Kombinace datalogeru a záznamového zařízení. Je vybaven sběrníci CAN (až 45 kanálů), GPS, vestavěným akcelerometrem a možností telemetrie, obr. 4.8.

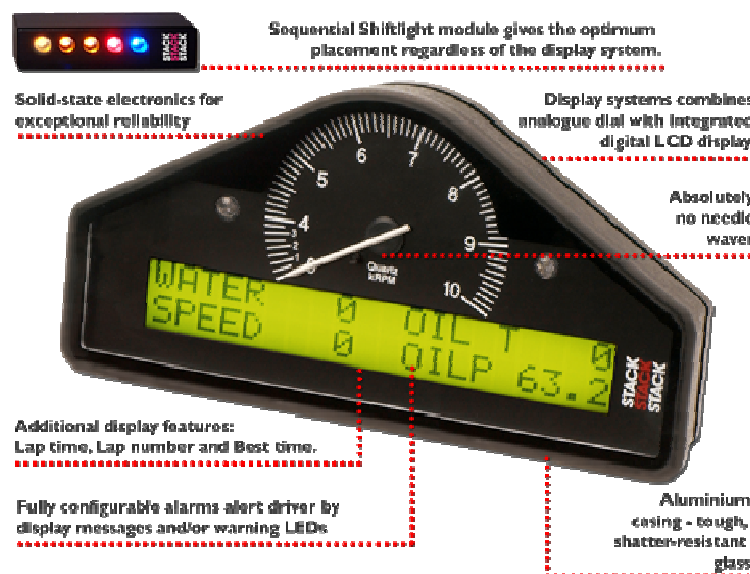
Engineering data logging systems

Kompletní nabídka záznamových zařízení: DS module, E module, R module, ER module. Nabízí záznamovou hustotu až 8000 Hz, sběrnici CAN, až 64 Mb paměti,...

Data pro5

Software pro analýzu dat i telemetrii, kompatibilní s Windows Vista. Dostupný ve verzích V3, V4 a V5.

Temperature, pressure, displacement and acceleration sensors.



Obr. 4.8 Stack Multi-function dash display [14]

4.9 Michl-motorsport

Česká firma zabývající se výzkumem a vývojem především podvozků, motorů a řídicích jednotek pro sportovní a závodní automobily. V nabídce figuruje také dataloger MM Dlog6, obr 4.9.



Obr. 4.9 Český dataloger od firmy Michl-motorsport [15]

Název	Displej	Paměť	Max. Vzorkovací frekvence	Analogový vstup	Digitální vstup	CAN	Připojení k PC	Telemetrie	Váha
Motec SDL	A	8 Mb	500 Hz	12	2	A	USB	N	385 g
Motec ADL3	A	16(250) Mb	1000 Hz	14(28)	4	A (2x)	Ethernet	A	385 g
Motec EDL3	N	16(250) Mb	1000 Hz	14(28)	4	A (2x)	Ethernet	A	385 g
Motec ACL	N	1 Gb	5000 Hz	VIM	VIM	A (2x)	Ethernet	A	460 g
AIM EVO3	N	8(16) Mb	5000 Hz	8(12)	1(4)	A	USB	N	400 g
AIM EVO4	N	8 Mb	5000 Hz	5	1	A	USB	N	240 g
AIM MXL Pro5	A	16 Mb	4000 Hz	12	/	A	USB	N	/
AIM Mychron3	A	8 Mb	/	5	1	N	USB	N	/
MTA Corse Lizard	N	64 Mb	2000 Hz	4 (8)		A	USB, Ethernet	N	200 g
MTA Corse Phoenix	A	16(64) Mb	2000 Hz	4	4	A	USB	N	200 g
MTA Corse Eagle	A	512 kb	2000 Hz	10	1	A	USB	N	200 g
Magneti marelli DDU	A	128 Mb	1000 Hz			A	Ethernet	N	580 g
Magneti marelli RDL	N	32 Mb	1000 Hz	12		A (2x)	Ethernet	N	680 g
Magneti marelli HRDL	N	512 Mb	1000 Hz	16		A (2x)	Ethernet,ARCnet	N	230 g
Pi research Sigma	N	128 Mb	1000 Hz	40	8	A (2x)	Ethernet	A	/
Pi research Delta pro	N	8 Mb	500 Hz	10(34)	6	A	USB,karty	A	/
Pi research Lightweight logger box	N	128 Mb	1(4) kHz	31	5	A (7x)	Ethernet	A	/
Stack multi function recorder	N	32 Mb	4000 Hz	10		A	Wi-fi	A	/
Stack multi function dash display	A	32 Mb	4000 Hz	14		A	USB	A	/
Stack engeneering data logging sys.	N	32 Mb	4000 Hz	32		A	Can bus	N	/
Bosch data logger C 60	N	2 Gb	1000 Hz	26	4	A	Ethernet	A	465 g
Bosch DDU sport	A	512 Mb		4	4	A (2x)	Ethernet	N	433 g

Tab. 3.1 Srovnání základních datalogerů

Závěr

V této práci je uveden přehled měřicích systémů používaných na závodních automobilech s ohledem na počet a typ měřených signálů a způsob jejich využití. Je zde uvedeno jaké závodní datalogery se v současné době používají, jaké veličiny se snímají a jakou informaci poskytují řidiči nebo závodnímu inženýrovi. Práce je rozdělena do tří částí. V první je popis nejčastěji používaných pojmů spojených s problematikou měřicích systémů. Druhá obsahuje popis součástí měřicích systémů a poslední část je věnována výrobcům těchto zařízení.

V oblasti sběru dat pomocí datalogerů je dynamický vývoj, v současnosti ovšem ovlivněný důsledky finanční krize. Budoucnost je závislá na délce trvání této krize a příchodu ropné krize. Důsledkem těchto neblahých vlivů by mohli být rušeny nebo omezovány závodní série, což by přineslo velké ztráty a pozdější zánik především menších firem zabývajících se dataloggingem. Je ovšem velmi reálný předpoklad, že všechny větší série jako Formule 1, závody GT, WTCC nebo rallye budou nadále vyžadovat vývoj nových technologií v oblasti sběru, záznamu a analýzy dat, neboť se jedná o jednu z nejdůležitějších součástí těchto závodů.

Největšími výhodami týmů používajících měřicí systémy jsou nejen lepší nastavení vozu při testování ale také nepřetržitá kontrola nad vozem během závodu pomocí telemetrie. Díky těmto technologiím je možné upravovat taktiku v závislosti na vzniklé situaci a včas indikovat krizové situace. Proto je velmi výhodné používat měřicí systémy i přes jejich větší finanční náročnost. Lze tedy říci, že se náklady vynaložené při pořízení těchto systémů vrátí při ušetřeném testovacím čase, palivu a náhradních dílech.

Literatura:

- [1] McBeath, S., *Competition car data logging: A practical handbook*. 2. vydání. Sparkford: Haynes Publishing, 2003, 158 s. ISBN 1-85960-653-9
- [2] *Texys, High precision sensors manufacturer for formula 1, motor racing, industry* [online]. Poslední revize 10.3.2009 [cit. 2009-3-20]. Dostupné z: <<http://www.texense.com/>>
- [3] *MoTec*, [online]. Poslední revize 1.3.2009 [cit. 2009-3-20]. Dostupné z: <<http://www.motec.com.au/home>>
- [4] *Gill sensors, Speed Sensor, Wheel Speed Sensor, Gear Speed Sensors* [online]. Poslední revize 10.2.2009 [cit. 2009-3-27]. Dostupné z: <http://www.gillsensors.co.uk/content/speed_sensors.htm>
- [5] *Penny+Giles, Creative solutions for position measurement, control and recording solutions* [online]. Poslední revize: 17.2.2009 [cit. 2009-3-27]. Dostupné z: <http://www.pennyandgiles.com/products/products.asp?strAreaNo=402_10&intElement=1211&intIndustry=2>
- [6] *KA Sensors Ltd, Sensing, Measurement & Control Solutions for Motor-Sport* [online]. Poslední revize 10.2.2009 [cit. 2009-3-27]. Dostupné z: <<http://www.kasensors.co.uk/accelerometersgyros.htm>>
- [7] *Infrareda* [online]. Poslední revize 20.9.2008 [cit. 2009-3-28]. Dostupné z: <<http://www.infrareda.com>>
- [8] *Xsensor, Pressure Imaging Systems for Sleep, Patient Safety and Automotive Testing* [online]. Poslední revize: 30.7.2008 [cit. 2008-3-28]. Dostupné z: <<http://www.xsensor.co.uk/>>
- [9] *AIM Racing data power* [online]. Poslední revize: 14.1.2010 [cit. 2009-3-20]. Dostupné z: <http://www.aim-sportline.com/pages/car/section_car.htm>
- [10] *Competition systems, Motorsport Electronics Products* [online]. Poslední revize: 22.1.2010 [cit. 2009-3-20]. Dostupné z: <http://www.compsystems.com.au/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1>
- [11] *Magneti Marelli S.p.A – Motorsport* [online]. Poslední revize: 20.1.2009 [cit. 2009-3-20]. Dostupné z: <<http://motorsport.magnetimarelli.com/>>
- [12] *Pi Research, high performance data logging and control systems* [online]. Poslední revize: 3.2.2009 [cit. 2009-3-20]. Dostupné z: <<http://www.piresearch.com/P5/Pro+4+Wheel+Motorsport.aspx>>
- [13] *Bosch Motorsport* [online]. Poslední revize: 22.1.2010 [cit. 2009-4-20]. Dostupné z: <<http://www.bosch-motorsport.com/content/>>

[14] *Stack, world-leading supplier of dashboard instruments, data acquisition and video systems to motorsport and automotive customers worldwide* [online]. Poslední revize: 4.1.2010 [cit. 2009-4-24]. Dostupné z: <<http://www.stackltd.com/>>

[15] *Michl Motorsport* [online]. Poslední revize: 15.1.2010 [cit. 2009-4-24]. Dostupné z: <<http://www.michl-motorsport.cz/>>

[16] *Autosport sensors* [online]. Poslední revize: 14.4.2009 [cit. 2009-3-20]. Dostupné z: <<http://www.autosportsensors.com/>>