

SCIENTIFIC PAPERS  
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE

Series B

The Jan Perner Transport Faculty

2 (1996)

**K AUTOMATICKÉMU ZBERU DÁT A VYHODNOTENIU SKÚŠOK  
SPALOVACÍCH MOTOROV**

Tomáš LACK

KKVMZ, Fakulta strojnica, Žilinská univerzita, Žilina

V železničnej trakkii hrá stále dôležitú úlohu spaľovací motor. Napriek značnej elektrifikácii, motorovú trakciu na mnohých tratiach nie je možné dnes, ani v dohľadnej dobe nahradiť z čoho vyplýva potreba venovať odborný záujem aj technickému stavu a prevádzkovým podmienkam spaľovacích motorov. Je samozrejmé, že motory tvoria s ostatnými časťami koľajových vozidiel komplexný celok a práve s takým celkom sa v doprave stretávame, taký pôsobí svojimi úžitkovými vlastnosťami v prevádzke a práve taký musí podliehať dôkladnému rozboru a hodnoteniu.

Zároveň však motor predstavuje základný hnací prvok, ktorý je možné od lokomotívy separovať a skúmať ako ucelenú jednotku. Takým pohľadom sa naň väčšinou pozeráme vtedy, ak je z lokomotívy demontovaný pri poruchách, kontrolách, generálnych opravách v tom lepšom prípade, alebo po haváriách a nehodách v tom prípade horšom.

V konštrukčných kanceláriách a skúšobniach sa kladú základy bezpečnej a spoľahlivej prevádzky vozidiel. Žiaden zo subjektov podieľajúcich sa na vytvorení a prevádzkovaní tejto dopravnej štruktúry si nemôže dovoliť podceniť ani jeden zo závažných aspektov, ktoré majú na tieto skutočnosti vplyv. To implikuje záujem odborníkov k dodržaniu kvality technickej stránky procesu prevádzky, ako aj

dodržanie kvality prevádzky naväzujúcej na snahu o minimalizáciu negatívnych vplyvov na kvalitu životného prostredia.

Zvýšené nároky na dopravu prinášajú zvýšený záujem o merania od úrovne diagnostiky pri vozidlách plne vyzbrojených v prevádzke cez merania po opravách, generálnych opravách až po merania, ktoré majú za cieľ byť podkladmi pre certifikačné konanie, keď sa kladie dôraz na vysokú presnosť pri zázname a vyhodnotení nameraných údajov častí (motor) aj celkov vozidiel. Táto skutočnosť vplýva na prístup, ktorý je vzhľadom na dané podmienky nevyhnutné zvoliť. Vplýva na voľbu meracieho reťazca, všetkých jeho komponentov materiálnych ako aj ľudských vplyvov, ktoré tento reťazec dotvárajú. Tak ako sa menia nároky kladené na podmienky merania, mení sa vzhľadom k dostupnosti a vhodnosti použitia výpočtovej techniky aj záverečná vyhodnocovacia fáza, kde je možné uplatniť a zovšeobecniť postupy na konkrétny prípad aplikovanej matematickej analýzy.

V súčasnosti sa počítače používajú v meracích procesoch ako súčasť meracích reťazcov pri zbere a vyhodnocovaní dát z meracích miest na meranom objekte. Takéto meracie reťazce odstraňujú chyby spôsobené ľudským faktorom a ďalej kontrolujú meraný objekt, aby sa nedostal do nežiadúceho stavu.

Na vyššom stupni automatizácie stoja meracie automaty, ktoré okrem automatického zberu dát sami vykonávajú merací proces a obsluha určí len metodiku merania.

Na takomto meracom pracovisku sa najnáročnejšia manuálna práca pri zbere a zaznamenávaní nameraných dát prenáša na výpočtové zariadenie, ktoré namerané hodnoty vyhodnotí a prezentuje vo vhodnej forme.

### **Vlastnosti automatizovaných meracích systémov**

- najnáročnejšia manuálna práca pri odčítavaní a zapisovaní nameraných hodnôt sa prenáša na merací systém,
- odstraňujú sa chyby spôsobené ľudským faktorom,
- kontrolujú meraný objekt,
- vyhodnocujú namerané data (protokoly, tabuľky, grafy, ...),
- chráni namerané data pred neoprávnenou zmenou alebo zneužitím,
- na vyššom stupni vývoja sami riadia priebeh experimentu (dodávané množstvo paliva, zaťaženie motora, otáčky, ...).

### **Návrh meracieho systému**

Merací systém musí byť tak navrhnutý aby bol vývážený z hľadiska priechodnosti dát týmto systémom. Na **Obr. 1** je naznačená štruktúra meracieho systému ktorú znázorňuje pyramída na vrchole ktorej je umiestnený človek. Jemu

musia byť merané data podané vo vhodnej forme aby ich bol schopný využiť. Pre vyváženosť nižších vrstiev pyramídy musia platiť nasledujúce vzťahy:

- Počet kanálov : **p**
- Doba snímania :  **$T_m >$  doba ustálenia**
- Pesnosť snímača :  **$\pm\alpha$**
- Snímaná veličina sa pohybuje v rozsahu :  **$2.\alpha$**
- Šírka pásma :  **$\delta x = 2.\alpha . x_{max}$**
- Počet pásiem :  **$n = x_{max} / \delta x$**
- Počet hraníc pásiem :  **$n' = n + 1$**
- Počet informácií :  **$I = p . \log_2(1/n) = p . \log_2(2.\alpha)$**
- Maximálny tok informácií :  **$C = I / T_m = p . \log_2(2.\alpha) / T_m$**

Merací reťazec pozostáva z **k** úrovní, ktoré obsahujú **p** kanálov, v *i*-tej úrovni je tok informácií **C<sub>i</sub>**. Úroveň snímačov je úroveň č. 1 s tokom informácií **C<sub>1</sub>**. Ak **C<sub>i</sub> < C<sub>i+1</sub>** navrhnutý systém má z hľadiska toku dát nadmerne navrhnutú úroveň **C<sub>i+1</sub>**, ak **C<sub>i</sub> > C<sub>i+1</sub>** navrhnutý systém má z hľadiska toku dát nedostatočne navrhnutú úroveň **C<sub>i+1</sub>** - prebieha filtrácia informácií. Správne navrhnutý systém pracuje v oblasti blízko stavu **C<sub>i</sub> = C<sub>i+1</sub>** s miernou nadmernosťou.



**Obr. 1** Štruktúra meracieho systému

K nasnímaniu a vyhodnoteniu signálov sa môžeme dopracovať niekoľkými spôsobmi. Snímače sú záležitosťou čo do variability použitia pomerne stárou, ich voľba v obrovskej miere závisí na požiadavkách na presnosť (ovplyvňuje výsledok a v konečnej miere ho aj určuje), a od finančných prostriedkov, ktoré je možné do nich investovať.

Inou záležitosťou sú signál spracujúce obvody. Keď sa pozrieme na výrobky niektorých výrobcov a dodávateľov, napr. AVL, NationalInstruments, Iomega, atď., zistíme, že podstatou použitia sú si veľmi podobné. Všetci vychádzajú z možnosti nasnímať analógový, alebo digitálny signál snímačom, upraviť ho príslušným prevodníkom na signál pochopiteľný pre (väčšinou ich vlastné) vyhodnocovacie obvody. Vyhodnocovacie obvody majú charakter skladačky - často zbernicovej skrine so zasúvacími doskami - vsuvkami, ktoré reprezentujú vyhodnocovacie zariadenie. Tu máme možnosť zasunúť do takejto zbernicovej skrine aj procesorovú dosku = počítač, alebo vyviesť signál káblom na meraciu dosku zasunutú v počítači. Ak je počítač len jednou z karát v zbernicovej skrini, môže sa to označovať ako zariadenie typ VXI - čo je dohovoreným štandardom pre kompatibilitu a kvalitu niekoľkých svetových lídrov vo výrobe meracej techniky, alebo je počítač počítačom vo vlastnej skrini a potom taká zbernicová skriňa môže niesť napríklad názov SCXI (pre výrobok NationalInstruments). Nezanedbateľnú triedu meracích karát tvoria karty GPIB - karty minimálnej veľkosti pre použitie v prenosných počítačoch, ktoré musia často v sebe integrovať viac vlastností meracích prístrojov.

Ak prejdeme od materiálneho prejavu snímačov a meracích - vyhodnocovacích obvodov k riadiacemu programu, dostaneme sa do oblasti ponukou veľmi rozmanitej. Merací hardvér v tomto ponímaní ožije, až vtedy, keď je riadený náležitým programom. Tu je možné zvoliť vzhľadom na náročnosť projektu a dispozície zostavovateľa vcelku z troch hlavných ciest. Ak opomenieme možnosť odberu meracieho programu na mieru a na zakázku od dodávateľa celého meracieho reťazca, môžeme siahnúť po systémoch typu LabView, DASyLab (kde pomocou blokových diagramov a logických štruktúr je možné vytvoriť profesionálne sa tváriaci program), alebo programovacie systémy typu LabWindows, LabWindows/CVI, ktoré podporujú svojimi programovými kmižnicami funkcií a preddefinovaných objektov programátorov predovšetkým v jazyku C, PASCAL, alebo BASIC, a v neposlednom rade je tu možnosť pre programátorov, ktorí do svojich programov zakomponujú len funkcie z oblasti snímania dát (dodávané výrobcom pre každé konkrétne zariadenie) a všetko ostatné už je ich vlastnou záležitosťou. Všetky tri cesty sú schodné, ale každý je nútený viac-menej ísť tou, ktorá mu najviac vyhovuje. Čím je vývoj programu „blokovito rýchlejší“, tým častejšie býva tvorca aplikácie ostrejšie vymedzovaný medzi hranice, ktoré mu stanovuje

programovací systém. Programovanie s využitím programovacieho jazyka priamo dáva možnosti väčšie, ale o to väčšie nároky kladie na programátora.

Ďalej popisovaný systém (ako príklad meracieho systému, ktorý sme si zvolili my) pre zber dát pri meraní vznetových spaľovacích motorov pozostáva z počítača rady **IBM PC AT**, rozšíreného o zásuvnú (plug-in) meraciu kartu **AT-MIO-16X** firmy **National Instrumens®**. Pre úpravu signálu od snímačov slúžia obvody pre spracovanie signálu typu **SCXI**.

Prostredníctvom meracej karty a obvodov pre spracovanie signálu počítač spracováva analógové, digitálne a impulzné signály prichádzajúce od snímačov. Centrom celého systému je programové vybavenie pracujúce v prostredí **Microsoft Windows®**. Spojenie programu s meracím hardvérom je zabezpečené pomocou ovládačov s hardvérom dodávaným výrobcom.

Na nasledujúcom schématickom obrázku je zobrazený merací reťazec, realizáciou ktorého by sme chceli my zavŕšiť naše snahy o vybudovanie meracieho a vyhodnocovacieho stavu pre spaľovací motor. Je to typický predstaviteľ meracieho reťazca pre skúšobňu spaľovacích motorov.

Pre jednotlivé časti takého meracieho reťazca existujú požiadavky, ktoré je nevyhnutné rešpektovať.

Snímače:

- vhodný merací rozsah a presnosť snímača, frekvenčný rozsah, linearita, pripojovacie rozmery, odolnosť proti pracovným podmienkam, ...

Obvody pre spracovanie signálu:

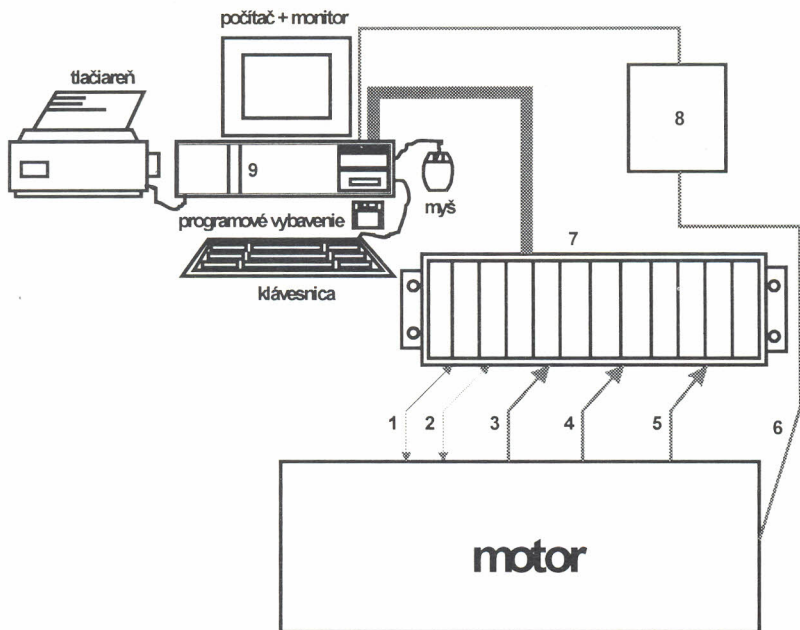
- potrebný počet vstupov, požadovaná rýchlosť a frekvencia záznamu, priaznivá prechodová charakteristika, ochranná funkcia, ...

Počítač:

- výkon procesora, veľkosť pamäte, kapacita a rýchlosť pevného disku, parametre periférnych zariadení, ...

Programové vybavenie:

- priebežné ukladanie dát, priebežné zobrazovanie požadovaných údajov, signalizácia prekročenia stanovených hraníc, resp. odstavenie motora, voľba zobrazovaných veličín a spôsob zobrazenia, spracovanie a vyhodnotenie dát, archivácia a ochrana dát, ...

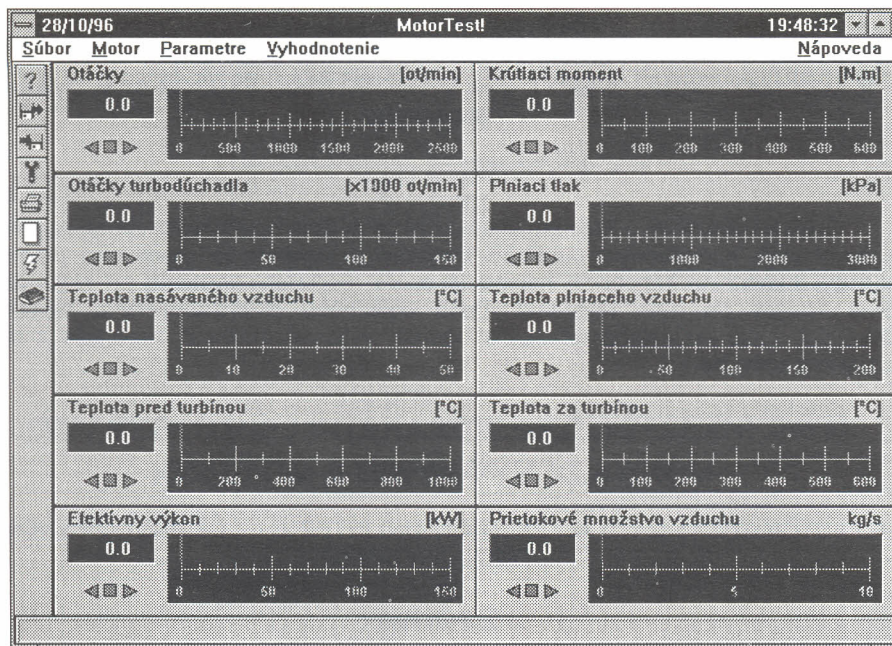


- 1 - kontrola
- 2 - riadenie
- 3 - otáčky, rýchlosť
- 4 - teploty
- 5 - tlaky
- 6 - špecificky motorárske veličiny  
( $M_p$ ,  $M_o$ ,  $D$ , ...)
- 7 - obvody pre spracovanie signálu
- 8 - špeciálne zariadenia pre špecificky  
motorárske veličiny
- 9 - karta pre zber dát  
(inštalovaná v počítači)

**Obr. 2** Schématické znázornenie meracieho systému

Na obrázku č. 3 je ukážka vzhľadu čelnej obrazovky programu určeného pre laboratórium skúšania vznetrových spaľovacích motorov na Katedre koľajových vozidiel, motorov a zdvíhadiel, na VŠDS v Žiline.

Vzhľad takého programu musí byť názorný, jednoduchý, ale pritom musí poskytovať všetky potrebné údaje pre spoľahlivý a bezpečný priebeh skúšky.



Obr. 3 Hlavná obrazovka meracieho programu

Lektoroval: Ing. Jaromír Zelenka, CSc.

Predloženo v listopadu 1996.

#### Literatura

- [1] Lack, T., Gerlici, J.: Automatizovaný zber a vyhodnocovanie dát pri skúškach spaľovacích motorov, Sborník XXV. Konferencie kateder a pracovišť spaľovacích motorů českých a slovenských vysokých škol, VŠZ Praha, 1994.
- [2] Hlavňa, V., Lack, T., Gerlici, J.: Systém pre automatický zber dát a vyhodnotenie skúšok spaľovacích motorov. Zborník z XXVI. medzinárodnej konferencie kateder a pracovišť slovenských a českých vysokých škol, VŠP Nitra, Račkova dolina, 1995.
- [3] Lack, T., Gerlici, J.: Tvorba systémov pre programovo riadené meranie, výpočet a vyhodnotenie údajov, Zborník prednášok XII. medzinárodná konferencia Súčasné problémy v koľajových vozidlách, PRORAIL'95, VŠDS s VTS Žilina, 1995.
- [4] Čáp, J.: Zkoušení kolejových vozidel, vyhodnocování a chyby měření, podobnost a modelová technika. Skriptum VŠDS Žilina, 1984.
- [5] Instrumentation reference and catalogue, test and measurement industrial automation, NationalInstruments '96.

## Resumé

### K AUTOMATICKÉMU ZBERU DÁT A VYHODNOTENIU SKÚŠOK SPALOVACÍCH MOTOROV

Tomáš LACK

Článok pojednáva o nutnosti automatizácie skúšok spaľovacích motorov z hľadiska vylúčenia chýb spôsobených ľudským faktorom a skvalitnenia meracieho procesu. Je zameraný hlavne na koncepciu návrhu takéhoto meracieho systému so zameraním na hlavné zásady pri jeho budovaní. Ďalej pojednáva o požadovaných vlastnostiach jednotlivých častí meracieho reťazca a hodnotí súčasné možnosti realizácie z hľadiska hardware a software.

## Summary

### TO AUTOMATICAL DATA ACQUISITION AND INTERNAL COMBUSTION ENGINES TEST ASSESSMENT

Tomáš LACK

The paper deals with the necessity of automating the diesel engine tests from the point of view of eliminating errors caused by human factor and with the necessity of quality, improving the measurement process. It is aimed mainly at proposal conception that sort of measurement chain focusing on the main rules of its arrangement. Further it deals with the requested properties of separated parts of the measurement chain and appreciates the current possibilities of realisation from the hardware and software point of view.

## Zusammenfassung

### ZUM AUTOMATISCHEN DATENSAMMELN UND ZUR PROBENAUSWERTUNG DER VERBRENNUNGSMOTOREN

Tomáš LACK

Der Artikel behandelt über die Notwendigkeit der Automatisierung von Proben der Verbrennungsmotoren im der Hinsicht des Fehlerausschliessens, die durch den menschlichen Faktor verursacht wurden und der Qualitätserhöhung des Messprozesses. Er ist vor allem auf die Konzeption des Entwurfes von so einem Messsystem gerichtet, mit der Hinsicht auf die Hauptprinzipien bei seinem Aufbau. Weiter werden hier die geforderten Eigenschaften der einzelnen Teile der Messkette behandelt und gleichzeitige Möglichkeiten der Realisation aus der Hinsicht der Hardware und Software bewertet.