

Měření emisí spalovacích motorů a příprava přístrojů před měřením

Zpracoval: Josef Blažek

Pracoviště: Katedra vozidel a motorů, TUL

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Tento materiál vznikl jako součást projektu In-TECH 2, který je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.





In-TECH 2, označuje společný projekt Technické univerzity v Liberci a jejích partnerů - Škoda Auto a.s. a Denso Manufacturing Czech s.r.o.

Cílem projektu, který je v rámci **Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost (OP VK)** financován prostřednictvím MŠMT z Evropského sociálního fondu (ESF) a ze státního rozpočtu ČR, je inovace studijního programu ve smyslu progresivních metod řízení inovačního procesu se zaměřením na rozvoj tvůrčího potenciálu studentů.

Tento projekt je nutné realizovat zejména proto, že na trhu dochází ke zrychlování inovačního cyklu a zkvalitnění jeho výstupů. ČR nemůže na tyto změny reagovat bez osvojení nejnovějších inženýrských metod v oblasti inovativního a kreativního konstrukčního řešení strojírenských výrobků.

Majoritní cílovou skupinou jsou studenti oborů Inovační inženýrství a Konstrukce strojů a zařízení. Cíle budou dosaženy inovací VŠ přednášek a seminářů, vytvořením nových učebních pomůcek a realizací studentských projektů podporovaných experty z partnerských průmyslových podniků.

Délka projektu: 1.6.2009 – 31.5. 2012

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



DENSO

Obecný rozbor problematiky měření emisí

Dělení analyzátorů podle principu měření

Významným hlediskem pro klasifikaci analyzátorů je princip, na kterém dané přístroje pracují:

1) Analyzátory založené na fyzikálním principu podstatným znakem takových analyzátorů je skutečnost, že při průchodu směsi přístrojem nedochází ke změnám kvantitativním ani kvalitativním. Z fyzikálních vlastností, které se uplatňují je to (hustota, tepelná vodivost, viskozita, absorpce záření, ionizace atd.).

2) Analyzátory založené na fyzikálně-chemickém principu kromě bezprostředního měření fyzikálních veličin lze sledovat fyzikální jevy provázející chemickou reakci, které se určovaná složka účastní, nebo kterou podstatně ovlivňuje. Využívají způsobu (měření teploty reakční směsi při chemické reakci, měření elektrického proudu procházejícím elektrochemickým článkem).

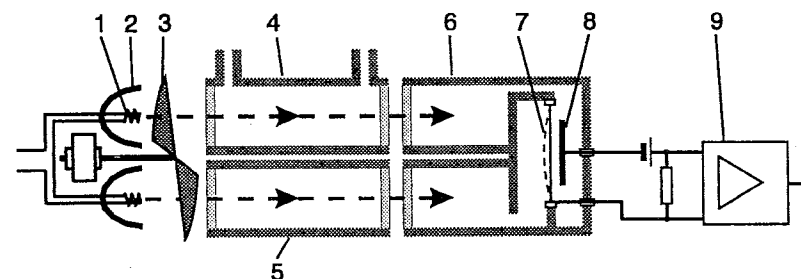
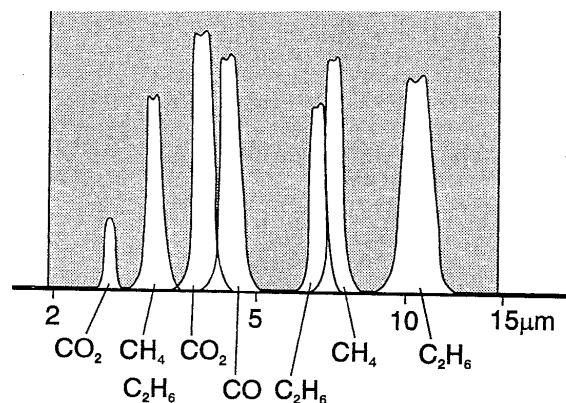
3) Chemické analyzátory zde se využívá chemické reaktivnosti látek. Zde se měří fyzikální veličiny. Mírou koncentrace sledované složky ve směsi není absolutní hodnota fyzikální veličiny, ale rozdíl jejich hodnot před a po chemické reakci. Aby mohla reakce proběhnout musíme přidávat další látky, nejčastěji v podobě roztoků.

Měření emisí spalovacích motorů a příprava přístrojů před měřením

Obecný rozbor problematiky měření emisí

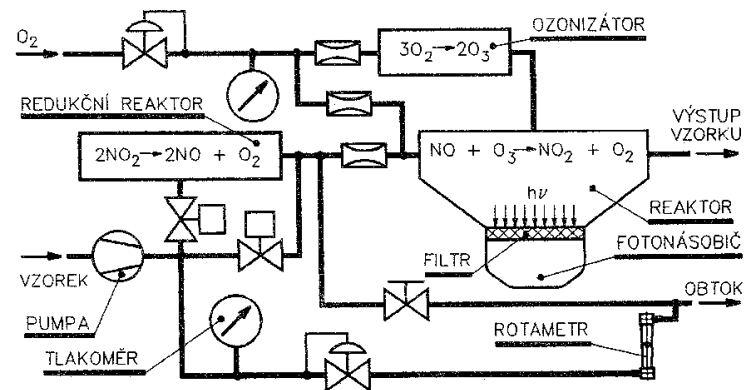
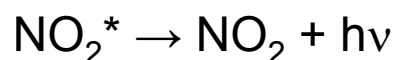
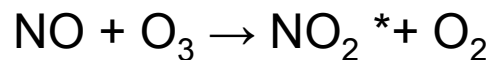
K optickým metodám řadíme takové, při kterých se nějakým způsobem přímo ovlivňuje elektromagnetické záření vlnových délek ultrafialové, viditelné a infračervené oblasti. Může dojít k absorpci, rozptylu a lomu záření. Patří sem i metody používající metody fluorescence a chemiluminiscence.

Infračervený analyzátor



1. zdroj záření, 2. reflektor, 3. rotační clona, 4. měřící kyveta, 5. srovnávací kyveta, 6. detektor, 7. membrána tlakového převodníku, 8. elektroda kapacitního snímače, 9. zesilovač

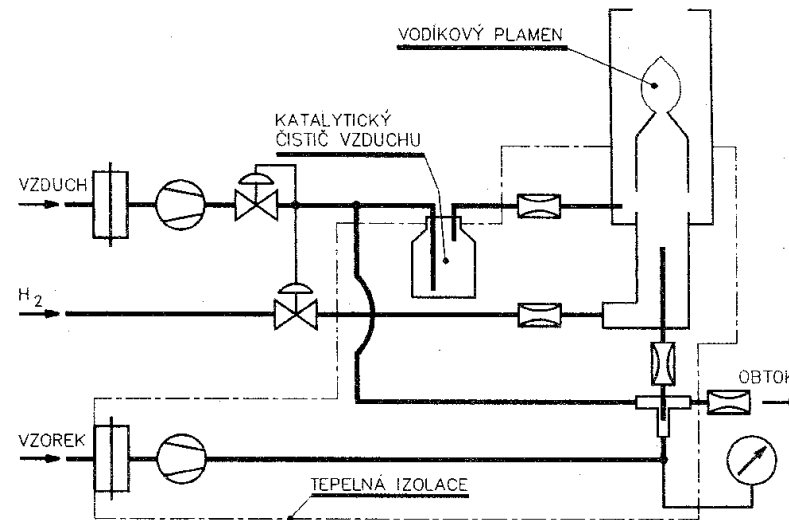
Chemiluminiscenční analyzátor



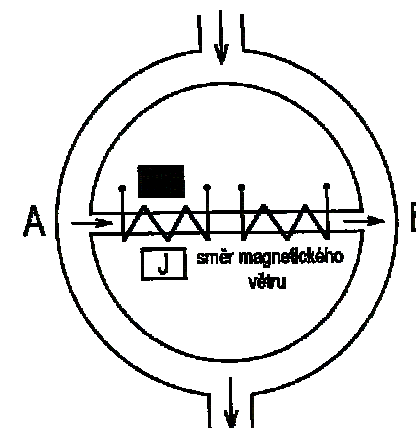
Měření emisí spalovacích motorů a příprava přístrojů před měřením

Obecný rozbor problematiky měření emisí

Plamenoionizační analyzátor



Analyzátor využívající paramagnetických vlastností



Měření emisí spalovacích motorů a příprava přístrojů před měřením

Obecný rozbor problematiky měření emisí

Provozní a kalibrační plyny

Provozní plyny:

kyslík	o čistotě	$\geq 99,5$ % obj. O ₂
vodík	(znečištění ≤ 1 ppm C; ≤ 400 ppm CO ₂)	
helium	(znečištění ≤ 1 ppm C; ≤ 400 ppm CO ₂)	

Nulovací plyny:

dusík o čistotě ≤ 1 ppm C; ≤ 1 ppm CO; ≤ 400 ppm CO₂; $\leq 0,1$ ppm NO
syntetický vzduch o stejné čistotě a (obsah kyslíku mezi 18 a 21 % obj.)

Kalibrační plyny:

S různou koncentrací v referenčním plynu

- NO v dusíku, obsah NO₂ nesmí překročit 5% obsahu NO
- CO v dusíku
- CO₂ v dusíku
- C₃H₈ v syntetickém vzduchu

Měření emisí spalovacích motorů a příprava přístrojů před měřením

Linearizace

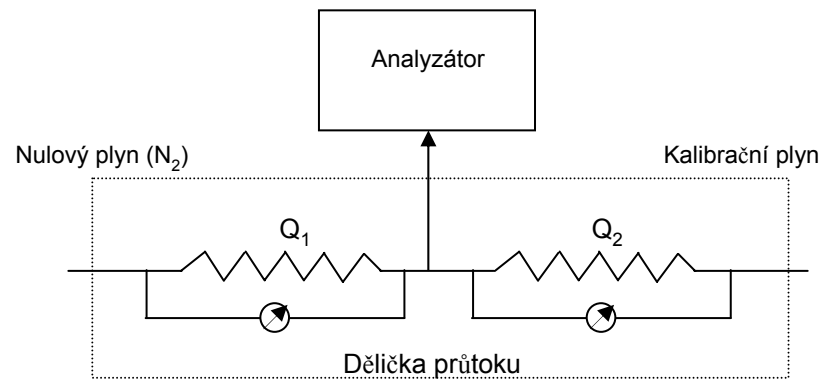
ÚKOL

Metodou linearizace sestavte linearizační křivku vybraného měřícího přístroje a výsledky tabulkově a graficky vyhodnoťte.

Použitá zařízení:

Analyzátor, dělička průtoku Horiba, láhev s kalibračním plynem, láhev s nulovým plynem (N_2).

Schéma zapojení:



Měření emisí spalovacích motorů a příprava přístrojů před měřením

Linearizace

Linearizace slouží k sestavení kalibrační křivky daného analyzátoru. Kalibrační křivka je určena nejméně pěti kalibračními body, které je potřeba v co nejrovnoměrnějších odstupech rozložit mezi jmenovitou koncentraci kalibračního plynu, jehož koncentrace musí přesáhnout nejméně 80% rozsahu stupnice přístroje v daném měřícím rozsahu.

Kalibrační křivka se spočítá metodou nejmenších čtverců. Postupuje se od polynomu nejnižšího řádu k polynomům vyšších řádů dokud se nedosáhne toho, že se kalibrační křivka odchyluje od jmenovité hodnoty každého kalibračního bodu o méně než $\pm 2\%$. Je-li výsledný stupeň polynomu vyšší než 3, musí být počet kalibračních bodů tak vysoký jako stupeň polynomu plus 2.

Pozn.: Chemiluminiscenční analyzátor musí být linearizován v poloze NO_x.

Měření emisí spalovacích motorů a příprava přístrojů před měřením

Linearizace

Postup linearizace:

- 1) Proveďte se kalibrace a seřízení analyzátoru pomocí nulového a kalibračního plynu.
- 2) Připojí se dělič plynu a pro jednotlivé polohy přepínače děliče se odčte jmenovitá hodnota koncentrace pro každý kalibrační bod (sl.2)
- 3) Zaznamenává se přímo naměřená hodnota pro každý kalibrační bod (sl. 3)
- 4) Hodnota naměřených bodů se přepočte podle staré kalibrační křivky (sl.4)
- 5) Vypočte se odchylka hodnot vypočtených podle staré kalibrační křivky od vztažných hodnot a zaznamená se do sloupců odchylka v ppm a v % (sl.3 – sl.2 = sl.5; sl.5:sl. 2 x 100% = sl. 6)
- 6) Je-li odchylka v některém bodě větší než 1,5 %, vypočte se metodou nejmenších čtverců nová křivka. Postupuje se od polynomu nejnižšího řádu k polynomům vyšších řádů tak dlouho, až se dosáhne odchylky od jmenovité hodnoty kalibračních bodů méně než $\pm 1,5$ % (pozn. Maximální povolená odchylka je $\pm 2\%$, hodnota $\pm 1,5$ % sníží nebezpečím, že se do příští linearizace překročí ± 2 %)
- 7) Body nové křivky se uvedou do protokolu (sloupek nová křivka - sl. 7)
- 8) Vypočte se odchylka bodů nové křivky dle bodu 5 v ppm a % (sl. 8 a 9)
- 9) Při všech měřeních se musí dodržet stejné tlaky přiváděných plynů

Poznámka: Měřicí přístroje na NO_x a HC jsou lineární – křivka vyššího řádu signalizuje chybu.

Měření emisí spalovacích motorů a příprava přístrojů před měřením

Protokol – linearizace

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Katedra vozidel a motorů

Linearizační protokol

Měření:
Datum:
Kalibrační plyn:

Měřicí přístroj:
Měřicí rozsah:
Konečná hodnota:
MB F/S:

KALIBRACE

	Složení (ppm)	Hodnota (ppm)	Odhylka a (%)
Nulový plyn:			
Kalibrační plyn:			

Staré koeficienty křivky

a0	a1	a2	a3	a4
0	1	0	0	0

Linearizace

Bod	Vztažná hodnota	Odečtená hodnota	Původní křivka	Odhylka		Y [ppm]	Odhylka	
				ppm	%		ppm	%
0								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Nové koeficienty křivky

a0	a1	a2	a3	a4

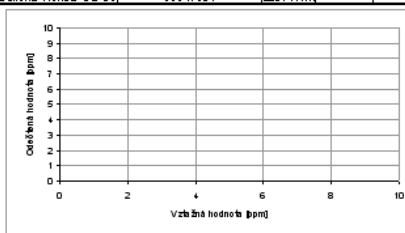
$$Y [\text{ppm}] = a_0 + a_1 x + a_2 xx + a_3 xxx + a_4 xxxx$$

Údaje o plynu

Plyn	Číslo vedení	Číslo láhve	Datum platnosti	Umístění	Obsah	Číslo certifikace
N2				Lab. KVM		

Údaje o přístrojích

Název	V.č.	Umístění	Ev. č.	poznámka
Dělička Horiba GD-03	66647801	Lab. KVM		
		Lab. KVM		



Test provedl:

Měření emisí spalovacích motorů a příprava přístrojů před měřením

Účinnost konvertoru

Metodika zkoušení účinnosti NO₂ konvertoru:

- 1) Analyzátor se kalibruje v nejčastěji používaném rozsahu podle návodu výrobce analyzátoru nulovým a kalibračním plynem. (Kalibrační plyn musí mít obsah NO odpovídající asi 80% rozsahu stupnice a koncentrace NO₂ ve směsi musí být nižší než 5% koncentrace NO). Na vstup analyzátoru se přivádí výstup z přístroje NOXGEN pro zkoušení účinnosti konvertoru. Vypínač na přístroji NOXGEN pro kyslík (oxygen) je v poloze vypnuto. Tlak kyslíku a plynu musí být seřízen na 10 psig. Zapne se vypínač POWER přístroje NOXGEN a seřídí se průtok kalibračního plynu pro analyzátor (2 l/min). Analyzátor NO_x musí být nastaven na NO, takže kalibrační plyn se nedostane do konvertoru. Hodnota koncentrace na ukazateli se zapíše (NO)
- 2) Otevře se vypínač oxygen on/off a ventilem se seřídí průtok kyslíku tak, až koncentrace na ukazateli je menší asi o 10% než hodnota NO. Hodnota koncentrace na ukazateli se zapíše (c). Celou dobu musí být ozonátor na přístroji NOXGEN vypnut.
- 3) Zapne se ozonátor na přístroji NOXGEN a seřídí se koncentrace ozonu tak, aby NO koncentrace na analyzátoru klesla na 20% minimálně 10% hodnoty NO v odstavci 1. Hodnota koncentrace se zapíše (d)
- 4) Analyzátor se přepne na provoz NO_x. Analyzátor nyní měří celou koncentraci NO_x. Hodnota koncentrace na ukazateli se zapíše (a)
- 5) Vypne se ozonátor a směs NO a O₂ proudí skrz konvertor (NO₂ – NO). Nyní se měří celkový obsah NO_x ve zředěném plynu použitém v bodě 2. Po ustálení se hodnota koncentrace zapíše (b)
- 6) Při vypnutém ozonátoru se vypne ventil oxygen na NOXGENU. Hodnota koncentrace NO_x nesmí překročit hodnotu (NO) z části 1 o více než 5%.
- 7) Účinnost konvertoru se vypočte podle následujícího vztahu:
$$= 1 + \frac{a-b}{c-d} \cdot 100\%$$

Měření emisí spalovacích motorů a příprava přístrojů před měřením

Protokol – test konvertoru

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Katedra vozidel a motorů

NOx Konvertor test

Měření: Účinnost konvertoru
Datum:
Kalibrační plyn: ppm
% z rozsahu:
Měřicí přístroj: Horiba CLA 150
Měřicí rozsah:
Korekční korigenta: ppm

KALIBRACE

	Skutečná hodnota (ppm)	Naměřená hodnota (ppm)	Odchyška (%)
Nitrový plyn:			-
Kalibrační plyn:			-
Nitrový plyn:			
Kalibrační plyn:			

Kontrola konvertoru

Parametr	Hodnota
parametr a	ppm
parametr b	ppm
parametr c	ppm
parametr d	ppm
parametr NO	ppm
parametr NOx	ppm

Kontrola účinnosti

$(NO_x - NO) / NO =$ Měřič ve z 5%
Účinnost konvertoru: Více než 95%

Údaje o plynu

Plyn	Číslo vedení	Číslo láve	Datum platnosti	Umístění	Obsah	Číslo certifikace
NO u N ₂				Lab. KVM	ppm NO u N ₂	
N ₂						

Údaje o přístrojích

Název	V.č.	Umístění	Event.č.	poznámka
Horiba CLA 150		Lab. KVM		
Dělník		Lab. KVM		

Test provedl:

Schválil:

Číslo protokolu.:

Měření emisí spalovacích motorů a příprava přístrojů před měřením

Měření

Prostor pro případné dotazy

Nyní se přesuneme do laboratoře KVM, kde se seznámíte s praktickou ukázkou přípravy zařízení pro měření emisí spalovacích motorů před měřením.

Po přípravě měřicího řetězce změřte parametry jednotlivých zařízení dle zadání s následným vyhodnocením.

Hodnoty získané z měření vyhodnoťte a odevzdejte jako semestrální práci.