



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ
Katedra strojů průmyslové dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Obor 23-81-7
Strojírenství

zaměření
Dopravní stroje a zařízení

ZAŘÍZENÍ K ZJIŠŤOVÁNÍ PROVOZNÍHO STAVU PLYNOVÝCH ZÁŽEHOVÝCH MOTORŮ

The plants for detection operating condition of the gas explosion engines

Bakalářská práce

KSD - BP - 43

Jan Maur

Počet stran : 38
Počet příloh : 4
Počet výkresů : 0
MDT : 621.433

květen 1999



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojů průmyslové dopravy

Studijní rok: 1998/99

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení

Jan M a u r

obor

23 - 81 - 7 Strojírenství

zaměření

dopravní stroje a zařízení

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

Zařízení k zjišťování provozního stavu plynových zážehových motorů

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Na základě literární rešerše vypracujte přehled metod a zařízení sloužících k zjišťování technického a provozního stavu zážehových motorů se zaměřením na motory plynové.
2. Stanovte požadavky na zjišťování parametrů plynových zážehových motorů potřebných k ověření jejich technického a provozního stavu a využitelných k seřízení jejich palivového příslušenství, regulačního systému motoru a elektrického zapalování.
3. Navrhněte metodiku a zařízení ke kontrole hlavních provozních parametrů a k seřízení palivového příslušenství, regulačního systému a elektrického zapalování plynových zážehových motorů. Zaměřte se hlavně na zjišťování:
 - výkonu motoru,
 - bohatosti palivové směsi prostřednictvím kyslíkové sondy,
 - teplot výfukových plynů,
 - obsahu CO ve výfukových plynech,
 - předstihu zážehu.

KČD/DSZ
37s, 4s. příl.

1176/000

ZAŘÍZENÍ K ZJIŠŤOVÁNÍ PROVOZNÍHO STAVU PLYNOVÝCH ZÁŽEHOVÝCH MOTORŮ

Anotace

Práce shrnuje informace o užívaných metodách a zařízeních používaných k zjišťování technického a provozního stavu zážehových motorů. Stanovuje nejen požadavky, ale navrhuje i metodiku a zařízení na zjišťování parametrů plynových zážehových motorů, které jsou potřebné k ověření jejich technického a provozního stavu, a také využitelné k seřízení jejich palivového příslušenství, regulačního systému motoru a elektrického zapalování.

THE PLANTS FOR DETECTION OPERATING CONDITION OF THE GAS EXPLOSION ENGINES

Annotation

The work summarises information about the used methods and plants that are used for detection of the technical and operating condition of explosion engines. Not only it sets demands but it proposes methods and plants for detection of parameters of the gas explosion engines as well, that are necessary for check of their technical and operating condition, and that are used for the setting-up of their fuel accessories, regulating system of the engine and electric ignition.

Prohlášení o původnosti bakalářské práce:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

Liberec, 24.5.1999

Jan Hauer

Prohlášení k využívání výsledků bakalářské práce:

Jsem si vědom, že bakalářská práce je majetkem TU, a že s ní nemohu sám bez svolení TU disponovat. Bakalářská práce může být zapůjčena či její kopie objednána za účelem využití jejích obsahu.

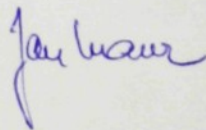
Beru na vědomí, že si po pěti letech mohu bakalářskou práci převzít v Univerzitní knihovně TU, kde bude uložena.

Liberec 24.5.1999

Jan Maur

Fr. Chlouby 2193

Louny 440 01

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jan Maur', with a stylized flourish at the end.

1. Úvodní kapitola práce	1
2. Úvodní kapitola práce	2
3. Úvodní kapitola práce	3
4. Úvodní kapitola práce	4
5. Úvodní kapitola práce	5
6. Úvodní kapitola práce	6
7. Úvodní kapitola práce	7
8. Úvodní kapitola práce	8
9. Úvodní kapitola práce	9
10. Úvodní kapitola práce	10
11. Úvodní kapitola práce	11
12. Úvodní kapitola práce	12
13. Úvodní kapitola práce	13
14. Úvodní kapitola práce	14
15. Úvodní kapitola práce	15
16. Úvodní kapitola práce	16
17. Úvodní kapitola práce	17
18. Úvodní kapitola práce	18
19. Úvodní kapitola práce	19
20. Úvodní kapitola práce	20
21. Úvodní kapitola práce	21
22. Úvodní kapitola práce	22
23. Úvodní kapitola práce	23
24. Úvodní kapitola práce	24
25. Úvodní kapitola práce	25
26. Úvodní kapitola práce	26
27. Úvodní kapitola práce	27
28. Úvodní kapitola práce	28
29. Úvodní kapitola práce	29
30. Úvodní kapitola práce	30
31. Úvodní kapitola práce	31
32. Úvodní kapitola práce	32
33. Úvodní kapitola práce	33
34. Úvodní kapitola práce	34
35. Úvodní kapitola práce	35
36. Úvodní kapitola práce	36
37. Úvodní kapitola práce	37
38. Úvodní kapitola práce	38
39. Úvodní kapitola práce	39
40. Úvodní kapitola práce	40
41. Úvodní kapitola práce	41
42. Úvodní kapitola práce	42
43. Úvodní kapitola práce	43
44. Úvodní kapitola práce	44
45. Úvodní kapitola práce	45
46. Úvodní kapitola práce	46
47. Úvodní kapitola práce	47
48. Úvodní kapitola práce	48
49. Úvodní kapitola práce	49
50. Úvodní kapitola práce	50
51. Úvodní kapitola práce	51
52. Úvodní kapitola práce	52
53. Úvodní kapitola práce	53
54. Úvodní kapitola práce	54
55. Úvodní kapitola práce	55
56. Úvodní kapitola práce	56
57. Úvodní kapitola práce	57
58. Úvodní kapitola práce	58
59. Úvodní kapitola práce	59
60. Úvodní kapitola práce	60
61. Úvodní kapitola práce	61
62. Úvodní kapitola práce	62
63. Úvodní kapitola práce	63
64. Úvodní kapitola práce	64
65. Úvodní kapitola práce	65
66. Úvodní kapitola práce	66
67. Úvodní kapitola práce	67
68. Úvodní kapitola práce	68
69. Úvodní kapitola práce	69
70. Úvodní kapitola práce	70
71. Úvodní kapitola práce	71
72. Úvodní kapitola práce	72
73. Úvodní kapitola práce	73
74. Úvodní kapitola práce	74
75. Úvodní kapitola práce	75
76. Úvodní kapitola práce	76
77. Úvodní kapitola práce	77
78. Úvodní kapitola práce	78
79. Úvodní kapitola práce	79
80. Úvodní kapitola práce	80
81. Úvodní kapitola práce	81
82. Úvodní kapitola práce	82
83. Úvodní kapitola práce	83
84. Úvodní kapitola práce	84
85. Úvodní kapitola práce	85
86. Úvodní kapitola práce	86
87. Úvodní kapitola práce	87
88. Úvodní kapitola práce	88
89. Úvodní kapitola práce	89
90. Úvodní kapitola práce	90
91. Úvodní kapitola práce	91
92. Úvodní kapitola práce	92
93. Úvodní kapitola práce	93
94. Úvodní kapitola práce	94
95. Úvodní kapitola práce	95
96. Úvodní kapitola práce	96
97. Úvodní kapitola práce	97
98. Úvodní kapitola práce	98
99. Úvodní kapitola práce	99
100. Úvodní kapitola práce	100

Poděkování:

Chtěl bych tímto poděkovat všem, kteří mi pomohli cennými informacemi při tvorbě této práce. Zejména bych chtěl poděkovat mému konzultantovi Doc. Ing. Josefu Laurinovi CSc.

OBSAH:

1. - Úvod bakalářské práce	7
2. - Obecná teorie technické diagnostiky	8
2.1 - Předmět a cíle technické diagnostiky.....	8
2.2 - Obecný popis hlavních parametrů technické diagnostiky	
2.2.1 - Technický stav.....	9
2.2.2 - Diagnostické parametry.....	10
2.2.3 - Diagnostický signál.....	10
2.2.4 - Porucha.....	11
3. - Přehled a rozdělení plynových motorů	11
3.1 - Plynové motory zážehové.....	12
4. - Přehled metod a zařízení sloužících k zjišťování technického a provozního stavu zážehových motorů se zaměřením na motory plynové	14
4.1 - Měření výkonových parametrů motoru (M_t , P).....	14
4.2 - Měření otáček	15
4.3 - Měření emisí, tuhých částic a kouřivosti motoru.....	16
4.4 - Měření spotřeby paliva.....	18
4.5 - Měření výfukové teploty a teploty chladicí kapaliny.....	19
4.6 - Měření součinitele přebytku vzduchu.....	20
4.7 - Měření předstihu zážehu.....	22
4.8 - Měření tlaků.....	22
4.9 - Servisní měření.....	23
5. - Zjišťované parametry plynových zážehových motorů	24
6. - Navržená metodika a zařízení ke kontrole hlavních provozních parametrů a k seřízení plynových zážehových motorů	
6.1 - Výkonové parametry motoru (točivý moment M_t , výkon P).....	30
6.2 - Otáčky.....	31
6.3 - Výfukové emise.....	31
6.4 - Teplota výfukových plynů.....	33
6.5 - Spotřeba paliva.....	34
6.6 - Součinitel přebytku vzduchu.....	35
6.7 - Předstih zážehu.....	36
7. - Závěr	37
Seznam literatury.....	38

1. ÚVOD

Použití plynových motorů jako pohonné jednotky různých druhů vozidel je v posledních letech oživeno důsledkem zhoršování životního prostředí hlavně ve městech s velkou koncentrací škodlivin v ovzduší, a také v místech, kde již dříve došlo k ekologickému poškození oblasti, například těžbou nerostných surovin.

S použitím plynových motorů jako pohonné jednotky vozidel vzniká souběžně také potřeba jejich seřízení a údržby pro zachování jejich pro ekologii příznivých vlastností.

Cílem této práce je popsání přehledu metod a zařízení sloužících k zjišťování technického a provozního stavu zážehových motorů, se zaměřením na motory zážehové plynové, které většinou vznikají přestavbou z motorů vznětových (práce se nezabývá motory, které vznikly přestavbou z motorů benzínových). Tato práce dále stanovuje požadavky pro zjišťování parametrů plynových zážehových motorů a navrhuje metodiku a zařízení ke kontrole hlavních provozních parametrů potřebných k seřízení palivového příslušenství, regulačního systému a elektrického zapalování plynových zážehových motorů se zaměřením hlavně na zjišťování: výkonových parametrů motoru, bohatosti palivové směsi (λ -sonda), teplot a emisí výfukových plynů a předstihu zážehu.

2. OBECNÁ TEORIE TECHNICKÉ DIAGNOSTIKY

Složitost dopravních prostředků, značná pořizovací cena a velká náročnost na údržbu nás nutí pravidelně a objektivně sledovat jejich skutečný technický stav. Získané informace o technickém stavu se pak pečlivě zhodnotí a podle nich lze racionálně využívat dopravní prostředky i řídit jejich údržbu.

Teorie potvrzuje praktické zkušenosti, že není vhodné dopravní prostředky často rozebírat, a tak provádět jejich kontrolu, jelikož demontáže stav každého technického zařízení pouze zhoršují.

Proto se začal rozvíjet obor, který se zabývá metodami a prostředky pro zjišťování funkčního a technického stavu dopravních prostředků bez jejich demontáže. Tímto oborem je *technická diagnostika*. Protože se celistvost ani vlastnosti dopravního prostředku nenarušují, jedná se o bezdemontážní a nedestruktivní diagnostiku.

2.1 Předmět a cíle technické diagnostiky

Technická diagnostika je vědní disciplína, která se zabývá studiem, zkoumáním, určením a klasifikací nesprávností technických systémů, strojů jako celku a jejich prvků a také příznaky těchto nesprávností.

Vypracovává metody a přístrojovou techniku reagující na kombinace příznaků nesprávností tak, aby se tyto nesprávnosti mohly určit bez demontáže a zpravidla za chodu stroje.

Z údajů získaných všemi technicky dostupnými metodami tak nepřímou stanoví vlastnosti (parametry) a technický stav zkoumaných objektů a zároveň je systematicky porovnává s přípustnými odchylkami od jmenovitých hodnot stanovených technickými podmínkami. Na základě provedené analýzy - technické diagnózy - předkládá závěry o potřebě nutných preventivních opatření (druh údržby, opravy, atd.), doporučení o vhodnosti daného technického zařízení pro další provoz a předpověď (prognózu) o jejich pravděpodobné bezporuchové době další práce. Diagnostické měřicí metody je mnohdy nutno z hlediska přesné měřicí techniky posuzovat shovívavě, poněvadž je nutno si uvědomit, že zde není cílem určitou fyzikální veličinu změřit, ale že toto měření je prostředkem pro výše zmíněné stanovení diagnózy a prognózy vývoje technického stavu příslušného strojního prvku.

Proces zjišťování technického stavu systému se člení do třech fází :

1. Určení odchylek od jmenovitého stavu
2. Analýza druhu a příčin vzniku těchto odchylek

3. Diagnostický závěr - doporučené zásahy, prognóza

Tyto fáze může realizovat jak člověk, tak technické zařízení (diagnost. systém), které automaticky vyhledává nesprávnosti stroje. Výsledky technické diagnostiky jsou použitelné jak při kontrole technických systémů v provozu, tak při jejich výrobě.

Pro úplnost je nutno dodat, že diagnostická činnost je velmi náročná a má charakter jisté pravděpodobnosti. Výsledek diagnostikování, zejména určení doby další provozuschopnosti, nelze určit s úplnou jistotou. Nelze totiž zachytit všechny skutečnosti složitého vývoje technického stavu dopravního prostředku. Z uvedeného vyplývá, že číselné hodnoty mezních stavů musíme znát předem, a to měřením při přípravě diagnostického systému.

Základním pojmem technické diagnostiky je *technický stav*.

2.2 Obecný popis hlavních parametrů technické diagnostiky

2.2.1 Technický stav

Technický stav lze definovat jako souhrn vnitřních vlastností v uvažovaném časovém okamžiku. Je dán souborem hodnot neelektrických a elektrických veličin. Veličiny obsahují informace o technickém stavu jednotlivých agregátů a uzlů dopravního prostředku. Zejména se měří tlaky, teploty, průtočná množství, otáčky, kroutící momenty, hluk, vibrace, el. napětí a proudy.

Druh a počet veličin, které se budou měřit, určí předem projektant diagnostického systému ve spolupráci s uživatelem. Počet měřených parametrů má být minimální, ale natolik úplný, aby se mohl jednoznačně určit technický stav. Přebytečné parametry by nepřinášely navíc žádnou důležitou informaci o stavu stroje. Někdy je však nutno uvažovat i parametry, které sice nepotřebujeme určit (stav čističe vzduchu, stav hladiny oleje), ale které mají vliv na nositele diagnostické informace - *diagnostický signál* (kouřivost, hlučnost).

Technický stav je špatný a vozidlo vyžaduje údržbu případně opravu, jsou-li naměřené hodnoty všech podstatných parametrů blízké či shodné s mezními hodnotami, nebo nejsou-li v předem stanovených povolených tolerancích. I když ještě nenastala porucha funkce, je další provoz systému nežádoucí z technických, provozních a ekonomických důvodů. Jsou-li naměřené a mezní hodnoty rozdílné, je technický stav dobrý. Čím jsou tyto rozdíly větší, tím je vozidlo v lepším technickém stavu a tím je i doba další provozuschopnosti větší.

Předpokládá se, že každý parametr se může měnit nezávisle na ostatních parametrech, např. opotřebení jednoho ložiska klikového hřídele motoru se může značně lišit od opotřebení druhého a lze je vyměňovat i jednotlivě.

S měřením veličin technického stavu souvisí stanovení veličin pracovního okolí diagnostického systému, tj. veličin klimaticko-provozních podmínek. Tyto podmínky vyjadřují vnější vlivy, které na diagnostický systém působí při jeho činnosti. Je to celkový vliv prostředí : teplota, tlak a vlhkost vzduchu, okolní elektromagnetická pole aj.

Klimaticko-provozní podmínky se výrazně projevují, probíhá-li diagnostikování za provozu dopravního prostředku, např. během pracovní jízdy autobusu po silnici. Veličiny klimaticko-provozních podmínek se musí měřit současně s měřením veličin technického stavu.

2.2.2 Diagnostické parametry

Zjištění technického stavu systému předpokládá určit veličiny strukturních parametrů. Požaduje se však, aby se stav zjišťoval zpravidla při fungujícím systému. V tom případě je přímé pozorování a měření strukturních parametrů vyloučeno, a proto diagnostika používá *nepřímých metod měření*. Neměří se strukturní parametry, ale jejich vnější projevy, parametry procesů provázejících práci systému a přípustných přímému měření. Například spalovací motor funguje ve vzájemném působení s vnějšími podmínkami a při tom vytváří množství fyzikálních a chemických procesů. Na průběh těchto procesů působí jednak vnější prostředí (nastavení řídicích a ovládacích prvků, akcelérátoru, změna zatížení, otáček, teploty, tlaku, vlhkosti okolního vzduchu aj.), jednak technický stav stroje, tj. hodnoty jeho strukturních parametrů. Změny funkčních procesů mohou být vyvolány jednak změnou vnějších podmínek, jednak změnou technického stavu stroje. V diagnostice se zpravidla předpokládá přísné dodržování vnějších podmínek, takže se funkční procesy mění pouze v závislosti na změně technického stavu.

2.2.3 Diagnostický signál

Má-li množina diagnostických signálů zobrazovat jednoznačně množinu stavů, musí být každý její prvek obrazem pouze jednoho stavu. Počet signálů proto musí odpovídat množství stavů, které chceme odlišit.

Diagnostické signály lze získat měřením jednotlivými diagnostickými přístroji nebo univerzálními přístroji, které mohou zpracovávat údaje více snímačů ustavených na prvcích kontrolovaného systému.

Každý snímač registruje jeden parametr funkčního procesu nezávislý na parametrech registrovaných ostatními snímači. Informace se analyzují a na základě rozboru se získá odpověď, který prvek překročil meze správného stavu a vyžaduje opravu nebo seřízení. Některé signály získané jedním snímačem mohou předávat informace o velkém množství funkčních parametrů .

2.2.4 Porucha

Jednou z nejdůležitějších vlastností technického systému je jeho provozní spolehlivost. Je to vlastnost systému, jeho skupin a dílů uchovávat během určené doby s předem danou pravděpodobností hodnoty parametrů stavu v předem stanovených přípustných mezích za daných podmínek provozu, aby mohl plnit svou funkci bez poruch. Na spolehlivost má vliv značný počet náhodných faktorů, jejichž vliv lze pak vyjádřit jen metodami teorie pravděpodobnosti.

Základním pojmem teorie spolehlivosti je porucha. Porucha představuje ztrátu provozuschopnosti systému, nebo prvku, jestliže alespoň jeden podstatný parametr prvku překročil stanovenou mezní hodnotu. Poruchy při provozu velkého počtu stejných strojů vznikají náhodně po různé době provozu a okamžik jejich objevení kolísá kolem střední hodnoty s určitým rozptylem. Poruchy se člení na neočekávané a postupně vznikající. Jejich příčiny mohou být vnější (extrémní teplota, tlak vzduchu apod.) a vnitřní, způsobené závadami jednoho nebo více prvků.

Nahodilosti objevení postupně vznikajících poruch můžeme čelit, známe-li příčiny jejího vzniku. Doba od jejich objevení se může prodlužovat vhodným konstrukčním provedením, kde opotřebení málo závisí na vnějších nekontrolovatelných podmínkách a lze je předvídat pomocí diagnostických metod podle technického stavu stroje.

3. PLYNOVÉ MOTORY

Plynové motory jsou v poslední době jakoby znovu objevené a z toho vyplývá i jejich technické řešení, využívající znalostí současného stavu techniky. Z teoretického hlediska jsou základní srovnávací údaje známy již dávno a pro jejich hodnocení a porovnávání s ostatními motory je rozhodující spíše úhel pohledu.

Vzhledem k současnému stavu vývoje je účelné rozdělit motory jednak z hlediska využití v dvoupalivové verzi (to jest úprava stávajících benzinových motorů na alternativní pohon na plyn s možností provozu na benzín) a jednak jako motory jednopalivové, konstruované nebo alespoň přizpůsobené na nové palivo.

Konstrukce plynových motorů byly ovlivněny také požadavky trhu. Jednak to jsou zmíněné dvoupalivové motory osobních a malých dodávkových vozidel, jednak vznikl požadavek na výkonné motory pro autobusy hromadné dopravy, eventuálně pro kamionovou dopravu. Tyto motory byly logicky odvozeny ze stávajících dieselových motorů s turbodmychadlem.

3.1 Plynové motory zážehové

Plynové motory zážehové představují nejpočetnější skupinu plynových motorů, které převážně využívají plynné palivo (nejčastěji LPG /propan-butan/ nebo NG /zemní plyn/) jako alternativu za benzin. Druhá skupina (dnes rovněž poměrně početná) těchto motorů je vytvořena rekonstrukcí původně vznětových (naftových) motorů a to jak vozidlových, tak stacionárních, s určením pro obě možná využití; menší počty plynových zážehových motorů jsou vyráběny (konstruovány a vyvíjeny) s prvotním určením již pro plynná paliva (motory větších výkonů pro využití ve stacionárním provozu). Plynové zážehové motory ve všech rozměrových a výkonových kategoriích, s výjimkou nízkých výkonů do cca 50 kW, pracují jak v nepřepřlňovaných, tak přepřlňovaných verzích. Způsob přípravy směsi plynného paliva se vzduchem u plynových motorů zážehových se uskutečňuje obdobně jako u plynových motorů vznětových.

Hlavním důvodem zvýšeného zájmu o plynové zážehové motory (od začátku 90. let tohoto století) je kromě skutečnosti, že při použití plynného paliva lze dosáhnout (při správné konstrukci, seřízení a provozním servisu) nízkých výfukových emisí, i dnešní nižší cena plynných paliv proti klasickým kapalným palivům.

Ekologického efektu (tj. nízkých výfukových emisí) lze dosáhnout pouze při správném seřízení plynového zážehového motoru - to lze realizovat dvěma způsoby:

- a)** Seřízením a provozem motoru na směs stechiometrického složení, tj. se součinitelem přebytku vzduchu $\lambda = 1$ ve všech provozních režimech a třísložkovým (3 w) katalyzátorem ve výfukovém systému motoru.
- b)** Seřízením a provozem motoru s extrémně chudou směsí se součinitelem přebytku vzduchu $\lambda = 1,5$ až $1,6$: tato varianta plynového zážehového motoru je zpravidla řešena konverzí původně naftového motoru (pokud nejde o původní konstrukci plynového zážehového motoru).

Při seřízení motoru podle způsobu **a)** je nutné vybavit motor elektronicky řízeným palivovým systémem s lambda sondou. Seřízení motoru podle způsobu **b)** vyžaduje pro dosažení stejných výkonových parametrů jako měl původní motor na klasické kapalné palivo uspořádání v přepřlňované verzi. Provoz s extrémně chudou směsí je spojen s rizikem možného zvýšení obsahu nespálených uhlovodíků ve výfukových plynech, které však lze z velké části odstranit použitím oxidačního katalyzátoru.

Pro porovnání těchto možných seřízení lze doplnit ještě další významné vlastnosti jednotlivých koncepcí:

- a)** Motor se seřízením pro provoz s $\lambda = 1$:

- při správné funkci všech systémů motoru velmi nízké výfukové emise,
- nižší hodnota zatížitelnosti motoru (střední efektivní tlak) s ohledem na hranici detonačního chodu,
- nižší celková účinnost motoru,
- vysoká teplota výfukových plynů (až 830 °C),
- při nesprávné funkci lambda sondy, elektronického řídicího systému nebo i zapalovací svíčky dojde snadno k poškození katalyzátoru a tím ke značnému zvýšení výfukových emisí.

U 4-dobého plynového zážehového motoru lze pomocí 3w katalyzátoru dosáhnout účinnosti "čištění" výfukových plynů u jednotlivých složek:

NO_x ... 99 %

HC ... 70 - 90 % (nízká pro CH₄)

CO ... 95 %.

Podmínkou je udržení hodnoty λ v rozmezí 0,99 - 1,002; při jakékoliv odchylce λ mimo uvedené rozmezí (tzv. λ okno) účinnost katalyzátoru výrazně klesá.

Pozn.: Třísložkový katalyzátor (3w) uskutečňuje "čištění" výfukových plynů redukčně-oxidační chemickou reakcí, probíhající ve spalínách při jejich průtoku úzkými průřezy s pórovitým povrchem, nasyceným kovy s katalytickými účinky (Pt, Rh, Pd).

b) Motor se seřízením pro provoz s extrémně chudou směsí:

- vyšší zatížitelnost motoru (střední efektivní tlak) vzhledem k hranici detonačního chodu,
- vyšší celková účinnost motoru,
- zvýšení teploty výfukových plynů v menším rozsahu (do 700 °C),
- malá proměnlivost bohatosti směsi nezpůsobí dramatické změny v koncentracích výfukových škodlivin, vhodným řízením bohatosti směsi v závislosti na zatížení lze příznivě působit na snižování výfukových emisí, zejména nespálených uhlovodíků.

Pozn.: Oxidační katalyzátor (dvousložkový - 2w) snižuje ve výfukových plynech koncentrace nespálených uhlovodíků HC a oxidu uhelnatého CO - mechanismus procesu "čištění" spalín uvnitř katalyzátoru je obdobný jako u 3w katalyzátoru; potřebný kyslík k uskutečnění oxidačních reakcí je v tomto případě spolehlivě zajištěn provozem motoru na směs s výrazným pře-

bytkem vzduchu. Pokud plynový zážehový motor nepracuje s extrémně chudou směsí, může emise NO_x překračovat přípustné limitní (legislativní) hodnoty.

Významné snížení výfukových emisí je zjišťováno v případech, kdy plynné palivo nahradí u vozidlových motorů naftu. Na pracovišti TU Liberec byly vytvořeny konverzí z naftových motorů LIAZ ML 636 koncepce plynových zážehových motorů ML 636 PB a ML 636 NG pro autobusy MHD, založené na spalování velmi chudých směsí. Pro dosažení kvalitních provozních vlastností (ale i emisních, pokud jde o nespálené uhlovodíky HC), jsou motory vybavené řízením bohatosti směsi, výkonným elektronickým zapalovacím systémem, mechanicko-pneumatickou regulací pro vytvoření potřebného průběhu točivého momentu motoru na vnější otáčkové charakteristice a ve výfukovém systému motorů je zabudován oxidační katalyzátor. Plynové autobusové motory ML 636 PB a ML 636 NG vykazují výrazně nižší výfukové emise než stanoví limity EURO II a EURO III (u motoru ML 636 NG jsou emise nespálených uhlovodíků HC tvořeny převážně metanem) a představují variantu ekologického pohonu autobusů především pro větší města.

V závěru této kapitoly je nutné podotknout, že při správném seřízení mají plynové zážehové motory proti motorům na klasická kapalná paliva nižší výfukové emise ve všech dnes sledovaných složkách vlivem výhodnějších vlastností plynného paliva - v takových případech lze tedy o plynech hovořit jako o ekologickém palivu pro pístové spalovací motory. Samotné použití plynného paliva ale vůbec neznamená, že plynový pístový spalovací motor vyhoví přísným emisním předpisům.

4. METODY ZJIŠŤOVÁNÍ PROVOZNÍCH PARAMETRŮ

4.1 Měření výkonových parametrů (točivého momentu M_t , výkonu P)

Jako výstupní diagnostický signál může být u spalovacího motoru bezprostředně využit jeho výkon. Například torzním dynamometrem lze získat elektrický napěťový signál úměrný točivému momentu M , pomocí tachodynamu lze získat napěťový signál úhlové rychlosti ω a výsledný výkon P dostáváme v podobě součinu uvedených signálů realizovaného uvnitř přístroje:

$$P = M \cdot \omega \quad (4.1-1)$$

Často však bývá mnohem výhodnější použít takový signál, který je v definovaných podmínkách měřenému výkonu pouze úměrný. Konkrétně je to buď točivý moment při předepsané úhlové rychlosti, nebo úhlové zrychlení při předepsané úhlové rychlosti a daném hmotovém momentu setrvačnosti rotujících hmot motoru.

Jako výstupní diagnostický signál se tedy s výhodou také využívá úhlové zrychlení nezatiženého motoru rozbíhajícího se při plném sešlápnutí akceleračního pedálu. Točivý moment M je zde roven součinu úhlového zrychlení ε a hmotového momentu setrvačnosti I rotujících hmot motoru:

$$M = I \cdot \varepsilon \quad (4.1-2)$$

z čehož plyne vztah pro výkon P :

$$P = I \cdot \varepsilon \cdot \omega \quad (4.1-3)$$

V daném případě je diagnostický signál ε vzhledem k přesnosti stejně hodnotný jako signál momentu, protože hmotový moment setrvačnosti I lze pro daný motor považovat za konstantní.

Na měření výkonových parametrů existuje mnoho různých metod, v následujícím přehledu jsou některé z nich.

- měření točivých momentů spalovacího motoru metodou vypínání válců
- měření točivého momentu spalovacího motoru dynamometrem (výkonovou brzdou)
- měření točivého momentu motoru podle zrychlení vozidla
- měření již výše zmiňovaným torzním dynamometrem

Podrobný popis zmiňovaných metod je uveden v odborné literatuře např. /1/, nebo /2/.

4.2 Měření otáček n

Otáčky rotujících mechanismů a součástí strojů jsou v diagnostice významným parametrem. Bývají užívány jako vstupní (definice podmínek ostatních měření), ale i výstupní diagnostický signál..

Pro měření otáček se používá různých metod a přístrojů. Záleží na tom jakým způsobem se dále tento diagnostický parametr bude dál využívat, nebo jestli půjde jen o jednorázové měření otáček jako vstupního a výstupního signálu apod.

Asi nejjednodušším, široce využitelným přístrojem pro měření otáček je ruční mechanický otáčkoměr. Pomocí výměnných nástavců opatřených různě tvarovanými pryžovými koncovkami lze hřídel otáčkoměru připojit pouhým ručním přitlačením k měřené rotující části stroje. Výhodou je univerzální použití v širokém rozsahu otáček a lze jej využít hlavně při jednorázově měřených otáčkách a při nemožnosti měřit otáčky už v dnešní době velmi rozšířenými diagnostickými pistolemi, kde je měření otáček jednou z funkcí. Naprosto se však takový otáčkoměr nehodí v případech, kdy je nutno otáčky sledovat průběžně během měření jiných veličin, zejména proto, že měřené hodnoty nelze automaticky registrovat a zpracovávat.

Bez této nevýhody, avšak s poněkud složitějším přístrojem se v rámci diagnostiky otáčky často měří na principu snímání a vyhodnocování impulsů, jejichž frekvence je otáčkám úměrná. To je i případ měření otáček zážehových motorů, kde se využívá impulsů zapalovací soustavy. Frekvence zapalování úměrná frekvenci otáček představuje digitální signál, který se buď v měřicím přístroji transformuje na analogový (registrace přímo ručkovým přístrojem), nebo se přímo registruje na displeji např. diagnostické pistole.

V případech, kdy vzniká potřeba využít jako diagnostický signál otáčky nebo kmitavý pohyb mechanismů zabudovaných uvnitř strojů a bez demontáže nepřípustných, je výhodné použít rezonanční otáčkoměr, skládající se ze sady jazýčků s odstupňovaným vlastním kmitočtem, které se následkem vibrací vyvozených rotujícími hmotami dostávají do rezonance s příslušnými otáčkami.

Ve stejném případě je možno využít dnes také poměrně v diagnostice rozšířené otáčkoměry stroboskopické. V přístroji je přesně nastavitelný generátor impulsů, který ovládá záblesky výbojky. Lampa přístroje s výbojkou je zaměřena na povrch rotující součásti s výrazně vyznačeným jedním místem, např. barevnou značkou. Při měření se vychází vždy z vyšší frekvence, než jsou předpokládáné měřené otáčky, a tato frekvence se postupně snižuje, až se značka zdánlivě zastaví a je vidět pouze jednou. Právě za této podmínky je frekvence záblesků stroboskopu totožná s měřenými otáčkami. Jestliže je značka vidět na dvou nebo více místech, znamená to, že nastavená frekvence je dvojnásobná nebo vícenásobná.

4.3 Způsob měření emisí, tuhých částic a kouřivosti motoru

Měření emisí, tuhých částic a kouřivosti motoru je důležité pro limitování koncentrace těchto provozních parametrů.

Způsoby měření se mohou rozdělit na měření laboratorními analyzátory a na měření servisními nebo provozními analyzátory emisí spalovacích motorů. Provozní či servisní analyzátory se od laboratorních liší zejména menšími rozměry, větší robustností, menšími nároky na kvalifikaci obsluhy a většinou i nižší cenou. Při provozních prohlídkách se tedy nesledují emise NO_x , protože cena použitelných typů přístrojů leží nad hladinou únosnosti pro daný účel a jejich obsluha je poměrně složitá. Mezi laboratorní analyzátory patří např. analyzátor pro měření již výše zmiňovaných emisí NO_x tzv. chemiluminiscenční analyzátor (CLA), mezi provozní pak hlavně bezdisperzní infraanalyzátor (NDIRA).

Měření sloučenin CO, CO₂ a CH₄

Pro měření těchto sloučenin se používá *nedisperzní infračervený absorpční analyzátor (NDIRA)*. Využívá pohlcování infračerveného (tepelného) záření různými plyny při různých vlnových délkách (např. CO₂ cca 2,7 μm atp.). Ze žhaveného zdroje se paprsky vedou dvojí cestou - měrnou kyvetou s analyzovanou směsí (kde se úměrně koncentraci pohltí složky specifické pro měřený plyn) a srovnávací kyvetou, plněnou neabsorbujícím plynem (např. N₂). Zářivý tok je pohlcován ve dvou komorách měřicího prostoru, naplněných čistým měřeným plynem. Rozdíl intenzit záření je převáděn např. na periodický tlakový signál. Pro odstranění citlivosti na další plyny, jejichž spektrum se blíží k měřenému, je záření filtrováno před vstupem do měřicí a srovnávací kyvety směsí těchto „rušivých“ plynů.

Měření O₂

O₂ se měří *paramagnetickým analyzátozem*. Paramagnetismus O₂ mizí při vyšších teplotách, takže postupným ohřevem O₂ (neplatí pro diamagnetické složky spalín, což jsou téměř všechny ostatní přítomné plyny s výjimkou NO a NO₂). Průtok se zjišťuje přímo dle ochlazování topného drátu (anemometr se žhaveným drátkem).

Měření HC (CH₄, C₂H₆, a dalších jednotlivých HC)

HC lze určovat pomocí *nedisperzního infračerveného absorpčního analyzátoru (NDIRA)*, ale souhrnně lze všechny organické sloučeniny určit dle *stupně ionizace H₂ + O₂ plamenu*, který je za nepřítomnosti uhlíku prakticky nevodivý (neionizovaný). Měří se elektrický odpor mezi elektrodami v plameni H₂ + syntetického vzduchu (pouze směs O₂ a N₂) s přívodem ohříváných spalín (ohřev pro zabránění kondenzace složek HC). Kalibrace se provádí pomocí směsi vzduchu a CH₄ nebo C₃H₈, na jejichž koncentraci „nebo objemový podíl je výsledek přepočítáván.

Měření NO_x

Používá se *chemiluminiscenční analyzátor*, který využívá emise fotonů z části vybuzených molekul NO₂ vzniklých oxidací NO ozónem. Analyzovaný plyn se zahřeje na 650°C, kdy se veškerý NO₂ štěpí na NO (+1/2 O₂) a po ochlazení se NO oxiduje ozónem na NO₂. Emise světelných kvant se měří po zesílení fotonásobičem. Pokud se štěpení neprovede, měří analyzátor koncentraci NO ve výfukových plynech.

Všechny analyzátory je třeba průběžně cejchovat kalibračními plyny známého složení. Pro analýzu se používají suché výfukové plyny (H_2O se vymrazí) s výjimkou HC.

Měření obsahu částic (kouřivost)

Obsah částic lze měřit podle pohlcování nebo rozptylu světla ve sloupci výfukových plynů. Problém je zajištění čistoty optiky a citlivost na případné páry a aerosoly. Pokud jde jen o částice sazí, lze je přímo převést na koncentrace sazí.

Zaručené výsledky koncentrace sazí dává filtrační kouřoměr Bosch (měření snížení intenzity odraženého světla od filtračního papíru po průchodu určitého objemu výfukových plynů). Přesné měření koncentrace všech částic po jejich stabilizaci ochlazením lze určit vážením filtračního papíru před a po průchodu výfukových plynů. V tomto případě je možno odstranit v organických rozpouštědlech rozpustné složky, tedy odhadnout obsah kondenzátoru vedle snad neškodných sazí a anorganických solí.

4.4 Způsob měření měrné spotřeby paliva

V praxi se spotřeba paliva měří zejména při celkové provozní kontrole motoru, při kontrole po opravě na výkonové nebo válcové brzdě, nebo při silniční zkoušce. Metody měření lze obecně rozdělit podle přesnosti na hmotnostní, objemové a na měření okamžité spotřeby průtokoměry různých typů.

Pro svou relativní jednoduchost se při opravách vžila objemová metoda, kde má však na výsledek značný vliv teplota paliva, s níž se mění měrná hmotnost paliva

Měrná spotřeba spalovacího motoru se obvykle měří tak, že po dobu měření se palivo odebírá ze zvláštní nádoby a měří se čas, spotřeba určitého množství paliva a výkon motoru. Výsledkem je množství paliva dodaného za jednotku práce (práce je součinem výkonu a času). Jednotkou měrné spotřeby je gram paliva za kilowatthodinu práce.

K dosažení přesnějšího výsledku se při dané teplotě musí zjistit měrná hmotnost paliva, např. korekcí podle tabulek. Těmto korekcím se dá vyhnout umístěním měrné nádoby na váhu, na které můžeme přímo odečítat hmotnost spotřebovaného paliva. Musí se také dodržet natavený režim práce motoru (otáčky, zatížení, teplota).

Spotřeba paliva se vypočte podle vzorce:

$$M' = \frac{V_z \cdot 3,6}{t_z} [l / h] \quad (4.4-1) \quad \text{nebo} \quad M = \frac{V_z \cdot \rho \cdot 3,6}{t_z} [kg / h] \quad (4.4-2)$$

spotřeba paliva v litrech na 100km:

$$M_s = \frac{V_z \cdot 3,6 \cdot 100}{t_z \cdot v} [l / 100 km] \quad (4.4-3)$$

a měrná spotřeba paliva:

$$m_e = \frac{M}{P} \cdot 1000 [g / kWh] \quad (4.4-4)$$

V_z – objem paliva spotřebovaného za dobu zkoušky [cm^3]

t_z – doba zkoušky [s]

ρ – měrná hmotnost paliva [g/cm^3]

v – rychlost vozidla [km/h]

P – výkon motoru [kW]

Uvedený způsob má však z hlediska možnosti využití v tech. diagnostice některé nevýhody:

- nelze měřit měrnou spotřebu paliva jednotlivých válců
- nevyužívá se již dříve získaná informace o dodávce paliva do jednotlivých válců a měření se stává drahé pro pracnost a náklady na zařízení k získání nové informace.

Jestliže se v rámci diagnostiky měří indikované točivé momenty jednotlivých válců motoru a dodávka paliva do jednotlivých válců, lze indikovanou měrnou spotřebu bez výše uvedených nevýhod a bez dalšího měření stanovit pouze výpočtem.

4.5 Měření teploty výfukových plynů a teploty chladicí kapaliny

Pro diagnostické měření teploty se podle účelu volí a používají rozmanité principy měření. Z hlediska přesnosti méně náročná měření teploty provozních kapalin, jako např. chladicí kapaliny, motorového a převodového oleje, se zpravidla provádějí levným dilatačním teploměrem s kapalinovou náplní a tlakovou indikací. Čidlo teploměru je hermeticky uzavřená kovová válcová nádobka naplněná měrnou kapalinou (rtuť, benzinem, alkoholem) a propojená ohebnou kovovou kapilárou s indikátorem tlaku, zpravidla Bourdonovou trubicí s ukazatelem ve stupních Celsia.

Tento jednoduchý typ teploměru je z hlediska ceny a jednoduché manipulace vhodný pro dílenské podmínky, ovšem z hlediska přesnosti a poměrně velké časové konstanty je použitelný převážně v případech, kdy se teplota kontroluje jako podmínka jiného měření.

Pro přesnější diagnostické měření teploty a hlavně tehdy, kdy je třeba naměřenou hodnotu registrovat a dále automaticky zpracovávat, jsou vhodné elektrické teploměry s čidly v podobě

termistorů nebo termoelektrických článků s poměrně jednoduchým elektronickým vyhodnocovacím zařízením. Především se osvědčují termočlánky typu železo-konstantan do 700 °C, pro vyšší teploty nikl-chróm-nikl nebo obdobné slitiny názvu chromel-alumel, které mají poměrně velkou elektromotorickou sílu (asi 40 $\mu\text{V} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$) s téměř přímkovou závislostí na teplotě až do 900 °C a hodí se tak ke kontrole spalovacích procesů.

Termoelektrický teploměr sám o sobě neudává konkrétní hodnotu naměřené teploty, ale pouze hodnotu elektrického napětí. Toto napětí se většinou přivádí do indikátoru teploty, který slouží k převodu napěťového signálu z termočlánku na námi požadovaný údaj teploty.

V případě nepoužití indikátoru k převodu napětí na teplotu lze toto přepočítat z následujících vztahů.

- obecný tvar rovnice teplotní závislosti termoelektrického napětí E termoelektrického článku:

$$E = \sum_i x_i \cdot t^i [\mu\text{V}] \quad x \dots \text{konstanta} \quad t \dots \text{teplota} \quad (4.5-1)$$

- obecný tvar rovnice k určení teploty z termoelektrického napětí:

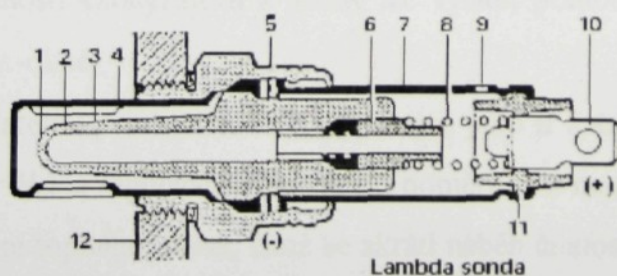
$$t = \sum_j y_j \cdot E^j [^\circ\text{C}] \quad y \dots \text{konstanta} \quad E \dots \text{termoelektrické napětí} \quad (4.5-2)$$

Pozn. Rovnice a konstanty pro konkrétní termoelektrické články jsou uvedeny ve speciální odborné literatuře, např. /8/

Velmi zajímavým diagnostickým signálem z hlediska přínosu informace je teplota výfukových plynů jednotlivých válců spalovacího motoru. Pro měření je nutno zhotovit v jednotlivých částech potrubí otvory se závitem. Do otvorů se před měřením umístí sondy s termočlánky a po skončení měření se otvory uzavřou zátkami.

4.6 Měření součinitele přebytku vzduchu - λ (λ -sonda)

Směšovací poměr je důležitým faktorem, který ovlivňuje snižování škodlivin ve výfukových plynech. Jeho řízení je prováděno tzv. λ -sondou ve spojení s katalyzátorem. Tato sonda je

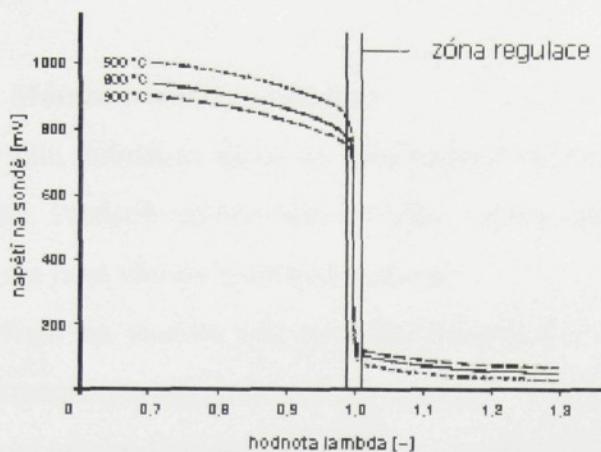


Legenda: 1-PLUS elektroda; 2-MINUS elektroda; 3-keramický nosič; 4-ochranný kryt s otvory pro přívod spalín; 5-vnější těleso sondy se závitovým připojením do výfukového potrubí; 6-přítlačný kontakt; 7-ochranný kryt; 8-pružina; 9-ventilační otvor; 10-připojovací konektor; 11-izolační vložka; 12-výfukové potrubí

schopna dodávat informace pro regulaci směšovacího poměru i u elektronicky řízených karburátorů a u systémů s elektronicky řízeným zapalováním a vstřikováním paliva. λ -sonda se umísťuje přímo před katalyzátor, méně často do společného sběrného potrubí výfukové-

ho systému. Pracuje na principu galvanického článku, který se stává vodivým na základě působení kyslíkových iontů, jde tedy vlastně o čidlo kyslíku se speciálním keramickým tělesem, plynem neprostupným, s vlastností tuhého elektrolytu (ZrO_2).

Keramické těleso je ze strany vzduchu i výfuku pokryto elektrodami ze slabé porézní plati-



Napětíová charakteristika lambda sondy se zónou regulace u $\lambda = 1$

nové hmoty a je chráněno kovovým pouzdem s výřezy proti mechanickému poškození, znečištění zbytky spalování a proti teplotním šokům.

Na vnitřní povrch působí atmosférický vzduch, zatímco na vnější povrch působí výfukové plyny (stejná reakce jako u katalyzátoru). Rozdílné vlastnosti parciálních tlaků kyslíku na elektrodách vyvolávají rozdílné chování použitého materiálu - mezi elektrodami vzniká

napětíový signál. Tento signál dodává λ -sonda řídicí jednotce a je měřítkem zbytkového množství kyslíku ve výfuku, tedy závisí na výskytu kyslíku ve výfukových plynech. U zážehových motorů pracujících se stechiometrickou směsí ($\lambda=1$) a „3-w“ katalyzátorem je v řídicí jednotce naprogramována prahová referenční hodnota 500 mV. Při větším napětíovém signálu dává řídicí jednotka signál ke zmenšení dávky paliva a naopak pro U_s menší než 500 mV je dávka paliva zvětšena. Při spalování bohaté směsi dává sonda napětíový signál $U_s = 900$ mV. Změnu směšovacího poměru je nutno provádět vzhledem k pravidelnému chodu motoru plynule. K tomuto účelu slouží integrátor s časovou funkcí, zabudovaný v elektronické řídicí jednotce. Mezi okamžikem tvorby čerstvé směsi a identifikací λ -sondou proběhne určitý čas, a proto není možné dodržet přesně směšovací poměr, který kolísá okolo hodnoty $\lambda=1$. Rozsah vysoké účinnosti katalyzátoru a sondy lze vyladit pomocí integrátoru, který udrží hodnotu v úzkém tzv. λ -okně.

Materiál pro kyslíkové ionty, stejně jako u katalyzátorů není do 250 °C vodivý. Neprobíhá tedy žádná regulace směšovacího poměru, ani neutralizace škodlivin. Účinnost lze urychlit přidáním topného tělesa, čímž se zkrátí náběh činnosti. Ohřátí sondy trvá 20-30 vteřin. Na druhé straně vysoká teplota zkracuje životnost sondy a nesmí být překročena hodnota 850 °C, krátkodobě 930 °C. Na sondu nepříznivě působí také mechanické zatížení a nerovnoměrný průtok

výfukových plynů od jednotlivých válců. Nefunkčnost sondy mohou způsobit i částice zinku a fosforu, sloučeniny olova a usazování zbytků hoření na keramickém tělese. Samozřejmostí je podmínka použití bezolovnatého benzínu. Stárnutí sondy je podobné jako u katalyzátorů. Za optimálních podmínek je u motoru s elektronickým řízením směšovacího poměru účinnost snížení škodlivin ve výfukových plynech až 90% a u motoru s neřízeným katalyzátorem asi 50%.

4.7 Měření předstihu zážehu

Velmi důležitou úlohu na zabezpečení vhodného průběhu zapalování má okamžik zapálení směsi. Předstih zážehu nám ovlivňuje jednak optimální výkon motoru, jednak spotřebu paliva, ale má také vliv na životnost motoru.

Přímo na vozidle lze pohodlně kontrolovat činnost automatické regulace předstihu tzv. elektronickým předstihoměrem. Přístroj se skládá z otáčkoměru ovládaného frekvencí synchronizačních impulsů snímaných ze svíčkového kabelu prvního válce a dále ze stroboskopické lampy ovládané ústrojím s nastavitelnou velikostí zpoždění záblesku ve stupních pootočení klikového hřídele. Při několika rychlostech otáčení motoru se stanoví úhel zpoždění záblesku nutný k tomu, aby značka horní úvratě na řemenici byla viditelná proti pevné značce na bloku a tím byl vykompenzován úhel předstihu. Absolutní hodnota úhlu předstihu je rovna nastavenému úhlu zpoždění α .

4.8 Měření tlaku

K měření tlaků v rámci technické diagnostiky se využívají rozmanité fyzikální děje, které tlak ovlivňují. Základní součástí tlakoměrů, tj. čidlo a indikační zařízení, bývají propojeny převodovým členem, které reakci čidla zesiluje nebo transformuje a přenáší na potřebnou vzdálenost.

Přístroje k měření tlaku se nazývají tlakoměry. Podle velikosti měřeného tlaku a podle použití tlakoměrů se jim přiřazují následující názvy:

- manometry - k měření přetlaků (obvykle deformační tlakoměry)
- vakuometry - k měření velmi malých absolutních tlaků
- manovakuometry - k měření přetlaků i podtlaků (obvykle deformační tlakoměry)
- tahoměry - k měření malých podtlaků (obvykle kapalinové nebo deformační tlakoměry)
- diferenční tlakoměry – k měření tlakových rozdílů

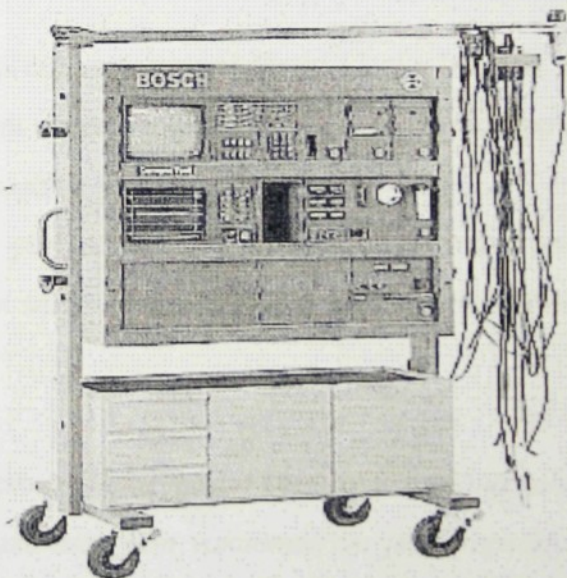
Podle definice tlaku a podle funkčního principu se tlakoměry dělí do těchto skupin:

- a) Tlakoměry zvonové a pístové jsou etalonové přístroje. U zvonových tlakoměrů je měřítkem tlaku zdvih zvonu, u pístových hmotnost závaží na pístu známého průřezu.

- b) Tlakoměry kapalinové jsou rovněž etalonové přístroje, kde měřítkem tlaku je výška kapalinového sloupce. Podle konstrukce jsou kapalinové tlakoměry U-trubicové, nádobkové, mikromanometry se sklonným ramenem a kompresní vakuometry.
- c) Tlakoměry deformační – měřítkem tlaku je velikost deformace pružného prvku. Podle konstrukce a tlakoměrného prvku jsou deformační tlakoměry trubicové (bourdonské), membránové, krabicové a vlnovcové.
- d) Tlakoměry elektrické – měřítkem tlaku je změna elektrické veličiny tlakově závislé. Jsou to tlakoměry odporové, bolometrické vakuometry, ionizační vakuometry.

4.9 Servisní měření

V současné době se technický stav pístových spalovacích motorů zjišťuje zejména za klidu, nejčastěji jednotlivými přístroji, které jsou někdy sdruženy do komplexní soustavy, kde jsou instalovány ve formě modulů. Tyto soustavy lze pak jednotlivě skládat z příslušných modulů speciálně pro jednotlivá měřicí pracoviště. Lze zkompletovat i soustavu, která bude schopna diagnostiky všech nejdůležitějších parametrů spalovacího motoru jako je tomu například u zařízení CompactTest od firmy Bosch pro komplexní měření daných parametrů motoru. Vstup zajišťují jednotlivé snímače, nebo sondy, výstup je pak možný jak na monitoru tak například pomocí tiskárny, kdy lze získat kompletní diagnostický závěr. Samozřejmostí je propojení s počítačem. Nevýhodou takových zařízení je hlavně cena.



**Obr. 4-1 Diagnostické zařízení CompactTest
firmy Bosch**

5. ZJIŠŤOVANÉ PARAMETRY PLYNOVÝCH ZÁŽEHOVÝCH MOTORŮ

Pro seřízení motorů v podmínkách provozu lze vycházet ze vzájemných vztahů mezi hodnotami plnicího tlaku palivové směsi, teploty výfukových plynů (-před turbínou v případě přeplňovaného motoru) a výkonu motoru při režimech vnější otáčkové charakteristiky motoru tj. při maximálním otevření škrtkové klapky při určitých otáčkách motoru. Dalšími parametry pro zlepšení diagnostiky a seřízení by měly být emisní parametry výfukových plynů, předstih zážehu, součinitel přebytku vzduchu a hodnota spotřeby paliva.

- plnicí tlak palivové směsi

Plnicí tlak v sacím potrubí se může vyskytovat u zážehových motorů jak ve formě podtlaku, a to u motorů nepřeplňovaných, tak i ve formě přetlaku u zážehových motorů přeplňovaných. Je to velmi důležitý údaj, charakterizující technický stav motoru.

Přetlak je u přeplňovaných motorů vyvolán dmychadlem umístěným u plynových motorů mezi filtrem nasávaného vzduchu a chladičem plnicího vzduchu. U motorů nepřeplňovaných je podtlak vyvolán sacím zdvihem pístu a závisí na otevření škrtkové klapky, velikosti a tvaru sacího potrubí, odporu filtru, směšovače, na těsnosti a tím i na opotřebení válce, pístu, pístních kroužků, ventilů atd.

U stejných motorů při stanovených otáčkách a přesném nastavení škrtkové klapky lze tedy stanovit hodnoty, které charakterizují určitý stav pístní skupiny a tato metoda se tedy může použít k posuzování funkčních vlastností již zmíněných součástí motoru.

Podtlak v sání se měří přesnými vakuometry, přetlak většinou deformačními manometry. Podtlak i přetlak se však může měřit také jedním sdruženým přístrojem tzv. manovakuometrem.

Pozn. Při měření podtlaku se může dle typické změny tlaku v sání posuzovat příčina tohoto „typického“ chování. Tyto příčiny dle změny tlaku měřeném vakuometrem jsou popsány ve firemních publikacích nebo také v odborné literatuře, např. /2/.

Pro orientaci, jakých hodnot se dosahuje u měření přetlaku při režimech vnější rychlostní charakteristiky a správném seřízení motoru, slouží následující tabulka.

n / min	ps [kPa] – absolutní motor ML 636 PBEw M1.2C (propan-butan /LPG/) hodnoty dle /11/	ps [kPa] – absolutní motor ML 636 NG (zemní plyn /NG/) hodnoty dle /6/
1000	126 = 98,1+27,9	130 – 140
1200	139	145 – 155
1400	160	157 – 167
1600	161	155 – 165
1800	157	147 – 157
2000	150	147 – 157

Nedosáhne-li se u stroje normativní hodnoty tlaku, může jít o nesprávné seřízení příslušné části stroje, ovšem často jde o opotřebení významných částí. Hodnota tlaku tedy slouží jako vhodný signál pro souhrnnou diagnózu, podle níž se dělá detailní prověrka. Při překročení normativní hodnoty tlaku jde téměř vždy o poruchu snadno odstranitelnou v rámci technické údržby, jako je např. seřízení regulace, apod.

V mnoha případech též vzniká požadavek neměřit pouze konstantní nebo střední hodnotu provozního tlaku, ale průběh změn tlaku v závislosti buď na čase, nebo na některém z provozních parametrů, jako je úhlová rychlost, úhlová dráha, přísun provozních hmot, zatížení vnějšími silami apod.

- teplota výfukových plynů

Pracovní činnost strojů zpravidla doprovázejí komplikované způsoby přeměny různých druhů energie, přičemž vždy ve větší nebo menší míře vzniká energie tepelná. Množství vznikajícího nebo unikajícího tepla je úměrné nejen zatížení a ostatním podmínkám stroje, ale do značné míry bývá též ovlivněno technickým stavem různých částí stroje.

Získání diagnostického signálu v podobě teploty za ustáleného stavu má určitou nevýhodu zejména v požadavku časově náročného měření. Velmi dobře se však hodí jako stálý signál, který při dosažení normativní hodnoty upozorní obsluhu stroje na potřebu detailní diagnostické prohlídky. V případech, kdy v příslušné strojní části není zabudována stálá indikace teploty, je zpravidla výhodné měřit přírůstek teploty za stanovenou dobu při stanovených podmínkách činnosti stroje.

Teplota výfukových plynů je z hlediska přínosu informace velmi zajímavým diagnostickým signálem, kdy se měřením získává signál využitelný ke kontrole kvality spalování v motoru.

Je také důležitá jako údaj pro další vyhodnocení zvláště u přepřňovaných motorů z hlediska vlivu teploty výfukových plynů na životnost turbíny turbodmychadla a dále také katalyzátoru (v případě, že je namontován). Podle výrobce turbodmychadel by při žádném režimu chodu motoru neměly teploty výfukových plynů před turbinou překročit 730 °C.

Následující tabulka uvádí orientační hodnoty teplot výfukových plynů motoru LIAZ ML 636 NG při režimu vnější rychlostní charakteristiky správně seřazeného motoru a hodnoty točivého momentu při nichž byly teploty zjišťovány.

n [min⁻¹]	M_t [Nm]	t_v [°C]
1000	780	635-655
1200	845	665-685
1400	850	680-700
1600	825	675-695
1800	790	675-695
2000	725	680-700

- výkonové parametry motoru

Výkon nebo točivý moment spalovacího motoru jsou nesporně významným diagnostickým signálem využitelným především k souhrnné diagnóze pístní skupiny, rozvodového ústrojí, palivové soustavy a též zapalovací soustavy. Předběžně je nutno si však uvědomit, že výkon či moment sám o sobě nikdy ke stanovení diagnózy nestačí.

Při konstatování určité naměřené hodnoty např. výkonu se zcela logicky budeme také zajímat s jakou hospodárností a s jakými případnými vedlejšími důsledky bylo výkonu dosaženo. Například dosažení výkonu v toleranci jmenovité hodnoty, avšak při zvýšené kouřivosti, svědčí o špatném technickém stavu motoru.

Na rozdíl od laboratorních a dílenských metod měření výkonových parametrů v rámci výroby nebo generální opravy motoru využívá diagnostika zpravidla metody jednodušší.

- provozní otáčky

Provozní otáčky jsou často velmi významným diagnostickým parametrem. Jednak bývají využívány jako vstupní diagnostický signál, kdy jejich přesné nastavení definuje podmínky ostatních měření, a jednak jsou též přímo využívány jako diagnostický signál výstupní.

Například dosažené otáčky odstředivého čističe oleje svědčí o jeho mechanických vlastnostech, otáčky nezatíženého dynama zapojeného jako motor jsou významným signálem pro posouzení celkového diagnostického stavu dynama. Rovněž tak spouštěcí otáčky motoru při definované teplotě a viskozitě oleje svědčí o technickém stavu spouštěče a akumulátorové baterie apod.

V mnoha případech jsou dosažené provozní otáčky významným signálem charakterizujícím, poruchu funkce hydraulických převodů, nesprávnou volbu nebo neseřízení provozních podmínek a rovněž případnou poruchu způsobenou přetížením mechanismu provozními hmotami nebo jiným zatížením.

Z hlediska diagnostiky je použití otáček například možné při měření točivého momentu a dodávky paliva za pracovní cyklus motoru, a to vzhledem k plochým závislostem těchto veličin na otáčkách.

- emise výfukových plynů

Výfukové plyny spalovacích motorů obsahují různé složky, které charakterizují zejména dokonalost spalování. Složení těchto výfukových plynů je značně proměnlivé a závisí hlavně na daném směšovací poměru, resp. součiniteli přebytku vzduchu (viz obr.5-2.) a na homogenitě směsi paliva. Požadavky motoru na směšovací poměr závisí na režimu jeho práce (volnoběh, střední otáčky, plné zatížení, akcelerace, start) a správně seřízená palivová soustava je rovněž musí splňovat. Je-li však technický stav soustavy špatný, budou se směšovací poměry v různých režimech odchylovat od jmenovitých a to se také projeví na složení emisí výfukových plynů.

Možné hodnoty součinitele přebytku vzduchu λ :

$\lambda = 1$: ...stechiometrická směs

- směs teoretického složení, tj. po jejím spálení v ideálních podmínkách ve spalínách není ani volné palivo, ani volný kyslík.

$\lambda > 1$: ...chudá směs

- jde o přebytek vzduchu, to znamená, že po spálení paliva zůstává ve spalínách nevyužitý kyslík. Velmi chudé nebo velmi bohaté homogenní směsi jsou obtížně zápalné a hoří velmi pomalu.

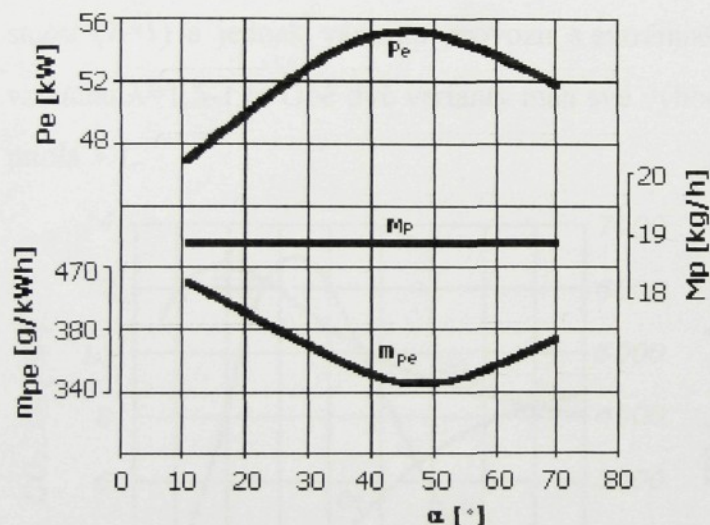
$\lambda < 1$: ...bohatá směs

- nedostatek vzduchu znamená, že po spálení zůstává ve spalínách ještě nevyužitě palivo (- vysoká rychlost hoření $\lambda = 0,9$), avšak spalování nemůže být dokonalé a vede k produkci zdraví škodlivých plynů)

- předstih zážehu

Správně nastavený předstih zapalování je základním předpokladem pro dosažení optimálního výkonu, minimální spotřeby a také již dříve zmiňované životnosti motoru.

Změnou předstihu zapalování se mění teplota a tlak na začátku spalování, ale také intenzita víření. Když je píst v horní úvratí, při normálním spalování, tlak ve válci již velmi stoupl a maximum dosahuje při 12 až 15° otočení kliky za horní úvratí. Zvětšováním předstihu zapalování narůstají strměji tlaky ve válci při fázi viditelného spalování, tj. přírůstek tlaku na jednotku otočení klikového hřídele je větší a chod motoru je tvrdší. Tlaky ve válci při horní úvratí jsou vyšší, maximum tlaků je vyšší a přibližuje se horní úvratí. Tlaky ve válci v další části expanzního zdvihu jsou nižší, teplota a tlak spalin v okamžiku otevření výfukového ventilu jsou také nižší. Ztráta tepla do výfuku je menší a také hluk ve výfuku je nižší. Teplota hlavy válců je vyšší, teplota stěny válců nižší atd. Malé předstihy naopak způsobují velké tepelné zatížení válcové skupiny a také i výfukového traktu. Detonace jsou největší při velkém předstihu zapalování.



Obr.5-1.Vliv úhlu předstihu zážehu na výkon a měrnou spotřebu

Optimální předstih často určuje hranici detonačního spalování, protože v zájmu dobré hospodárnosti se navrhují kompresní poměry vyšší, než snese dané palivo při režimu maximálního zatížení. Optimální předstih zapalování je většinou takový, při kterém je nejvyšší výkon při nejnižší spotřebě paliva a má různou hodnotu v závislosti na dalších vlivech (otáčky, zatížení, složení směsi,...).

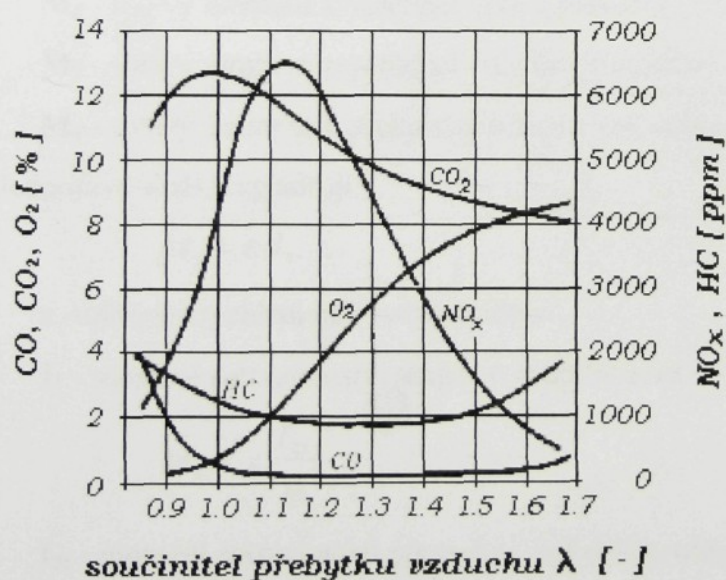
Orientační seřizovací hodnoty předstihu zážehu spolu s odpovídající hodnotou plnicího tlaku uvádí následující tabulka. Jde o hodnoty motoru LIAZ ML 636 PBeW M1.2C.

$n \text{ [min}^{-1}\text{]}$	$p_s \text{ [kPa]} - \text{absolutní}$	předstih $[\text{°kl.hř.}]$
1000	126	12
1200	139	13
1400	160	13
1600	161	16
1800	157	20
2000	150	22

- součinitel přebytku vzduchu

Jak již bylo výše napsáno je směšovací poměr nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje snižování škodlivin ve výfukových plynech.

Podle hodnoty součinitele přebytku vzduchu se u plynových motorů rozlišují dvě již dříve popsané varianty provozu motoru. Je to jednak varianta provozu motoru se stechiometrickou směsí ($\lambda=1$) a jednak varianta provozu s extrémně chudou směsí se součinitelem přebytku vzduchu $\lambda=1,5-1,6$. Obě dvě varianty mají své výhody a nevýhody. Podrobnější popis viz. kapitola 3.1.



Obr. 5-2. Závislost emisí výfukových plynů na součiniteli přebytku vzduchu λ .

Plynné škodliviny, oxid uhličitý a zbytkový kyslík ve výfukových plynech plynového zážehového motoru v závislosti na bohatosti směsi

- spotřeba paliva

Spotřeba paliva je stejně důležitou charakteristickou vlastností motoru jako je jeho výkon. Je snadné zvýšit výkon motoru jednoduchým seřízením, ale většinou vždy na úkor hospodárnosti.

Proto se na spotřebu paliva vždy musí hledět ve vztahu na výkonové parametry a naopak. Měření spotřeby paliva je například důležité pro stanovení režimu nejehospodárnějšího chodu motoru. Tento údaj se však musí posuzovat v souvislosti se skutečným odběrem výkonu a také se zřetelem k jejich jízdním vlastnostem.

6. NAVRŽENÁ METODIKA A ZAŘÍZENÍ KE KONTROLE HLAVNÍCH PROVOZ- NÍCH PARAMETRŮ A K SEŘÍZENÍ PLYNOVÝCH ZÁŽEHOVÝCH MOTORŮ

6.1 Výkonové parametry motoru (výkon P , točivý moment M_t)

Pro měření točivého momentu existuje více způsobů měření. Našemu případu nejvíce vyhovuje metoda měření podle zrychlení vozidla.

Tato metoda vychází z předpokladu, že při rozjíždění nezatíženého vozidla na rovné vozovce bude točivý moment vyvinutý na hřídeli motoru spotřebován takto:

$$M_e = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 \quad (6.1-1)$$

M_e - užitečný točivý moment na hřídeli motoru

M_1 - točivý moment zrychlující rotující části motoru

M_2 - točivý moment zrychlující kola a převody

M_3 - točivý moment zrychlující vozidlo přímočaře

M_4 - točivý moment k překonání odporu valení kol vozidla

Jednotlivé složky vyjadřují:

$$M_1 = \varepsilon \cdot I_1 \quad (6.1-2)$$

ε - úhlové zrychlení klikového hřídele

I_1 - moment setrvačnosti rotujících částí motoru

$$M_2 = \varepsilon \cdot \frac{I_{2r}}{\eta_t} \quad (6.1-3)$$

I_{2r} - moment setrvačnosti převodů a kol redukováný na klikový hřídel

η_t - účinnost převodů

$$M_3 = a \cdot \frac{m \cdot r}{i \cdot \eta_t} \quad (6.1-4)$$

a - přímočaré zrychlení vozidla

m - hmotnost vozidla

r - účinný poloměr valení kol

i - celkový zařazený převod mezi klikovým hřídelem motoru a hnacími koly

$$M_4 = \frac{M_f}{i \cdot \eta_t} \quad (6.1-5)$$

M_f - moment odporu valení kol po zkušební dráze

Vztah mezi úhlovým zrychlením ε a přímočarým zrychlením a :

$$\varepsilon = \frac{a \cdot i}{r \cdot \eta_d} \quad (6.1-6)$$

η_d - účinnost prokluzu

Pomocí těchto vztahů lze již užitečný točivý moment na hřídeli motoru vyjádřit takto:

$$M_e = a \cdot \left[\frac{I_1 \cdot i}{r \cdot \eta_d} + \frac{I_{2r} \cdot i}{r \cdot \eta_t \cdot \eta_d} + \frac{m \cdot r}{i \cdot \eta_t} \right] + \frac{M_f}{i \cdot \eta_t} \quad (6.1-7)$$

Pro konkrétní zařazený převodový stupeň u konkrétního vozidla dostaneme vztah:

$$M_e = a \cdot K_1 + K_2 \quad (6.1-8)$$

K₁, K₂ - konstanty pro konkrétní vozidlo (autobus, os.automobil) a pro konkrétní zařazený převodový stupeň.

6.2 Otáčky n

Měření otáček se bude provádět jako v několika dalších případech diagnostickým zařízením od firmy BRISK JT 283A, které kromě dále zmiňovaných provozních parametrů umožňuje měřit i otáčky motoru pomocí diagnostické pistole, jenž je v příslušenství tohoto zařízení. Měření je možno uskutečnit jak za jízdy, tak při stojícím vozidle a to prostřednictvím snímačů impulsů z elektrického zapalování. Více údajů o zařízení podává následující kapitola 6.3.

Technické údaje zařízení pro dané měření otáček:

parametr měření	rozsah	rozlišení	chyba
otáčky	0 – 9000 min ⁻¹	10 min ⁻¹	2 % z měř.hodnoty

6.3 Emise CO, HC, O₂

Na měření emisí výfukových plynů byl vybrán analyzátor výfukových plynů JT 283A od firmy Brisk Tábor a.s., který je určen pro komplexní a přesnou analýzu výfukových plynů záže-

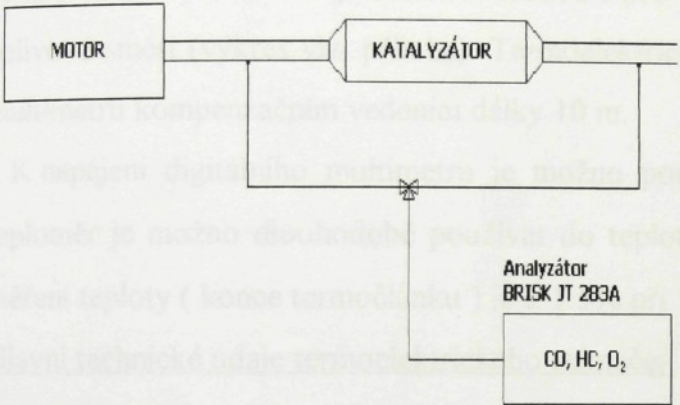
hových spalovacích motorů. Využívá systému analýzy výfuk. plynů na principu NDIR (nedisperzní infračervená metoda).

Analyzátor JT 283A vyhovuje požadavkům na kontrolu exhalací všech typů zážehových motorů včetně motorů vybavených katalyzátory, a to podle vyhlášky č.284/91 Sb.

Umožňuje dokonalou komunikaci uživatele s přístrojem pomocí ručního terminálu, který je s přístrojem dodáván, včetně vedení obsluhy celým emisním testem. Veškeré vedlejší úkony, které nesouvisí s testem, jsou prováděny přístrojem zcela automaticky, včetně všech potřebných kompenzací rušivých veličin (tlak, teplota,...), takže je tím zajištěna dlouhodobá stabilita přístroje.

U analyzátoru je možno provádět výpis protokolu o měření a to buď prostřednictvím vestavěné nebo externí tiskárny (dle provedení).

Přístroj je dále vybaven rozhraním pro komunikaci s nadřazeným počítačem. Měřené veličiny a základní informace jsou zobrazovány na šesti displejích LCD nebo LED (dle provedení).



Obr. 6-1. Schéma měření analyzátozem výfukových plynů BRISK JT 283A

Pro větší přehled o množství emisí a funkčnosti katalyzátoru bylo navrženo umístění snímá-cích sond jak před, tak za katalyzátor.

Hlavní technické údaje potřebné pro dané měření:

Měřené složky	Rozsah [jednotky]	rozlišení
CO	0-10 [%obj.]	0.01 %obj.
CO ₂	0-20 [%obj.]	0.1 %obj.
HC	0-2000 ppm obj.	1 ppm obj.
O ₂	0-21 [%obj.]	0.01 %obj.

Pozn. Měření emisí NO_x nebylo navrženo z důvodů hlavně cenové nedostupnosti takového měřícího zařízení (cena asi 1/2 miliónu Kč). Toto zařízení se používá většinou jen pro labo-ratorní měření.

Hodnotu NO_x lze však poměrně dobře určit z průběhu emisí v závislosti na součiniteli přebytku vzduchu. (viz obr.5-2.)

6.4 Teplota výfukových plynů

Pro jeden z hlavních parametrů přeplňovaného zážehového motoru byl vybrán termoelektrický teploměr k měření teplot výfukových plynů před turbinou na bázi Fe-Ko, který je v našem případě tvořen termoelektrickým snímačem teploty a digitálním multimetrem, jenž nám zobrazuje napěťový signál z termočlánu. Termoelektrický snímač se instaluje do výfukového potrubí pomocí šroubení pro snímač teploty (výkres šroubení a snímače viz. příloha). Současně s montáží šroubení pro snímač teploty by bylo účelné u motorů, které nemají lambda sondu instalovat do výfukového potrubí též šroubení pro tuto sondu, sloužící k zjišťování bohatosti palivové směsi (výkres viz. příloha). Termoelektrický snímač teploty je připojen k digitálnímu multimetru kompenzačním vedením délky 10 m.

K napájení digitálního multimetru je možno použít klasické 9V baterie. Termoelektrický teploměr je možno dlouhodobě používat do teploty 700 °C, krátkodobě do 800 °C. Chyba měření teploty (konce termočlánu) je $\pm 1.5\%$ při 700 °C.

Hlavní technické údaje termoelektrického snímače:

Termočlánek.....podle ČSN 258304, druh "J" materiál
Fe-Ko
Kompenzační vedení.....typ KXKD, průřez 1 mm², délka 10 m
Časová konstanta (62.3%) ve vířící vodě.....střední hodnota 5 s
Chyba termoelektrického teploměru..... $\pm 1.5\%$ při 700 °C

Digitální multimetr GOLDSTAR DM 312 byl vybrán pro svůj rozsah a rozlišení při měření napěťového signálu z termočlánu potřebného pro určení bohatosti směsi- λ . Multimetr umožňuje uchovat naměřené hodnoty v paměti, je vybaven funkcí DataHold a lze u něj volit jak automatické, tak ruční přepínání rozsahů.

Technické údaje digitálního multimetru pro měření napětí v námi požadovaném rozsahu:

DC napětí:

rozsah: 200 mV rozlišení: 0.1 mV přesnost: 0.5 % +1

AC napětí:

rozsah: 200 mV rozlišení: 0.1 mV přesnost: 0.75 % +3

6.5 Spotřeba paliva

Jak již bylo napsáno v obecné části o měření spotřeby paliva (viz 4.4) existuje více metod pro získání této provozní veličiny. Při zadávání byl vznesen požadavek co největší mobility takového zařízení, a proto bylo zvoleno následující řešení měření spotřeby paliva.

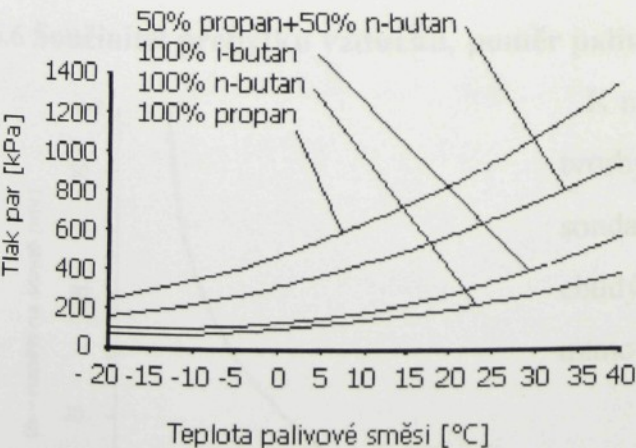
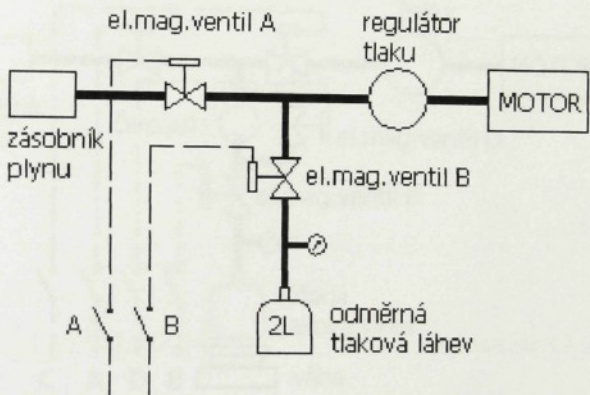
Při měření spotřeby paliva (plynu) se v tomto případě musely brát v úvahu rozdíly mezi nepoužívanějšími palivy pro plynové zážehové motory, což jsou zemní plyn (metan) a propanbutan (LPG).

Na obr.6-2. je schéma prvního případu, a to měření spotřeby zemního plynu (metanu). Ze zásobníku plynu kde tlak dosahuje 20 MPa protéká plyn při normálním provozu ventilem A přímo do regulátoru tlaku a motoru. Ventil B je uzavřen. Při plnění láhve jsou otevřeny oba dva ventily, a při měření je otevřen pouze ventil B, kterým proudí plyn z odměrné tlakové láhve do které jsme před tím přečerpali určité množství plynu a odměřuje se spotřebované množství.

Obr. 6-2. Schéma při měření paliva-zemní plyn

stav	ventil A	ventil B
provoz	O	Z
plnění láhve	O	O
měření	Z	O

O - otevřeno
Z - zavřeno



Na obr.6-4. je druhý uváděný způsob měření a to měření propan-butanu (LPG). Zde bylo za potřebí doplnit stávající zařízení o čerpadlo, které v důsledku nestálého chování propan-butanu je nutné pro přečerpání paliva do měřené tlakové láhve.

Obr.6-3. Závislost tlaku par propanu, n-butanu a i-butanu na teplotě

6.5 Spotřeba paliva

Jak již bylo napsáno v obecné části o měření spotřeby paliva (viz 4.4) existuje více metod pro získání této provozní veličiny. Při zadávání byl vznesen požadavek co největší mobility takového zařízení, a proto bylo zvoleno následující řešení měření spotřeby paliva.

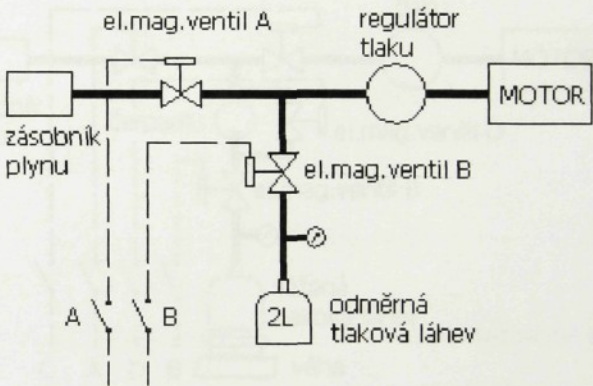
Při měření spotřeby paliva (plynu) se v tomto případě musely brát v úvahu rozdíly mezi nejpoužívanějšími palivy pro plynové zážehové motory, což jsou zemní plyn (metan) a propan-butan (LPG).

Na obr.6-2. je schéma prvního případu, a to měření spotřeby zemního plynu (metanu). Ze zásobníku plynu kde tlak dosahuje 20 MPa protéká plyn při normálním provozu ventilem A přímo do regulátoru tlaku a motoru. Ventil B je uzavřen. Při plnění láhve jsou otevřeny oba dva ventily, a při měření je otevřen pouze ventil B, kterým proudí plyn z odměrné tlakové láhve do které jsme před tím přečerpali určité množství plynu a odměřuje se spotřebované množství.

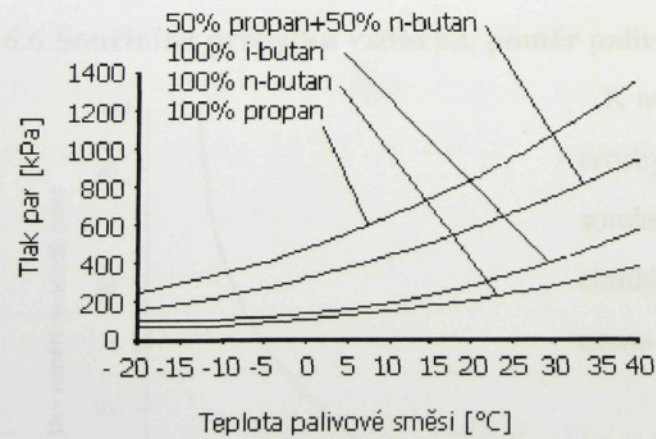
Obr. 6-2. Schéma při měření paliva-zemní plyn

stav	ventil A	ventil B
provoz	O	Z
plnění láhve	O	O
měření	Z	O

O - otevřeno
Z - zavřeno



Na obr.6-4. je druhý uváděný způsob měření a to měření propan-butanu (LPG). Zde bylo za potřeby doplnit stávající zařízení o čerpadlo, které v důsledku nestálého chování propan-butanu je nutné pro přečerpání paliva do měřené tlakové láhve.



Obr.6-3. Závislost tlaku par propanu, n-butanu a i-butanu na teplotě

Rozvod nemusí být realizován na takovou pevnost jako u metanu, protože zde dosahované tlaky se pohybují kolem hodnoty 1,7 MPa.

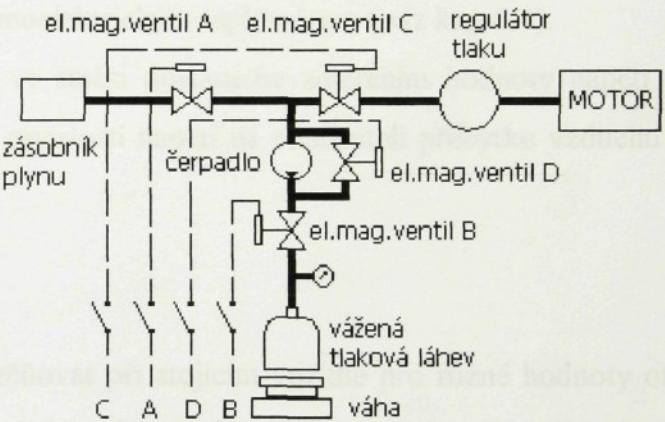
V tomto případě bylo také nutné doplnit soustavu o další dva elektromagnetické ventily (C a D). Ventil C byl použit hlavně z důvodu zabránění průniku plynných složek LPG při přečerpávání do tlakové láhve, které vznikají změnou stavu propan-butanu v závislosti na teplotě (viz obr.6-3.).

Ventil D slouží při vlastním odběru z tlakové láhve, při kterém je nutno obejít jednosměrné čerpadlo (hydrogenerátor se stejnosměrným průtokem). Bylo by také možné použít místo jednosměrného čerpadla čerpadlo s možností změny smyslu průtoku a tím by odpadlo použití dalšího ventilu.

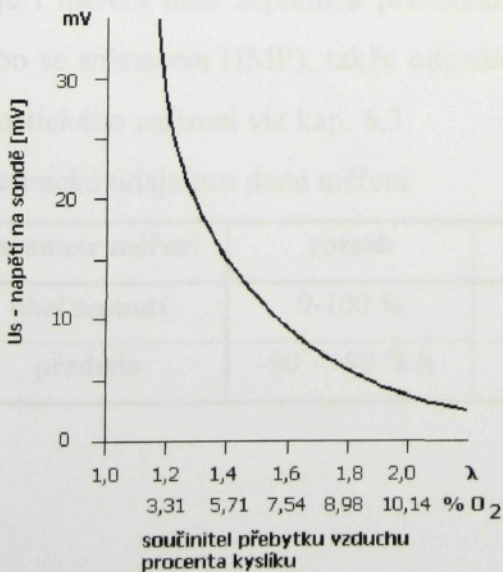
Při měření spotřeby paliva u LPG se jedná o měření hmotnostní, kdy se zjišťuje váhový úbytek zkapalněného LPG v tlakové láhvi, a to na např. na přesné digitální váze po zastavení vozidla.

Obr.6-4.Schéma při měření paliva-LPG

stav	ventil A	ventil B	ventil C	ventil D
provoz	O	Z	O	Z
plnění láhve	O	O	Z	Z
měření	Z	O	O	O



6.6 Součinitel přebytku vzduchu, poměr palivo-vzduch - λ



K měření nejdůležitějšího parametru z hlediska tvorby emisí výfukových plynů byla vybrána lambda sonda, která není přímo určena k měření velmi chudých palivových směsí. Oblast ve které se bude mimo jiné uskutečňovat měření je na obr.6-5.

Obr.6-5.Závislost napětí na součiniteli přebytku vzduchu

K tomuto rozhodnutí vedla hlavně nižší cena a dostupnost této lambda sondy v provozních podmínkách oproti sondě specializované na měření těchto směsí (tzv. λ -sonda UEGO). Pro to, aby jmenovaná sonda mohla v našem případě zastoupit výrazně dražší sondu bylo navrženo zařízení pro kalibrování obou lambda sond (jak cejchované, tak cejchovací /etalonová/), zejména tedy cejchované. Vychází se z měření součinitele přebytku vzduchu (obsahu kyslíku O_2) výše zmiňovanými lambda sondami ve společném místě cejchovacího zařízení (schematický náčrt viz příloha), ve kterém je měřena i teplota pomocí termoelektrického teploměru. Abychom vůbec mohli kalibrovat požadovanou lambda sondu musíme znát přesně poměr vstupujících plynů, a to nám umožní další zařízení tzv. „dělička plynů“ z které směs plynů (O_2 + další plyn, např. N_2) v nám známém poměru vstupuje do cejchovacího zařízení. Tato směs je ohřívána vestavěným topným tělískem na provozní teplotu lambda sond (důvody - viz kapitola 4.6) a v místě měření je pak změřena jak teplota, tak napětí z obou sond lambda, které bude odečítáno na digitálním voltmetru s daným rozsahem měření. Typ digitálního voltmetru je shodný s typem použitým již při měření teploty termoelektrickým teploměrem (viz kap.6.4).

Pro jednotlivé hodnoty obsahu kyslíku ve směsi dostaneme změřením hodnoty napětí na lambda sondě a ty vyneseme do potřebné závislosti napětí na součiniteli přebytku vzduchu či obsahu kyslíku.

6.7 Předstih zážehu

Měření předstihu zážehu se bude uskutečňovat při stojícím vozidle pro různé hodnoty otáček. V tomto případě by bylo obtížné a špatně realizovatelné měřit parametr předstihu zážehu při provozu vozidla z důvodu přístupu k setrvačníku motoru s diagnostickou pistolí. Pro měření se použije již výše zmiňovaný diagnostický přístroj od firmy BRISK JT 283A, který umožňuje i měření úhlu sepnutí a předstihu zážehu pomocí diagnostické pistole (stroboskopicky nebo se snímačem HMP), takže odpadá potřeba dalšího přístroje. Podrobný popis tohoto diagnostického zařízení viz kap. 6.3.

Technické údaje pro dané měření:

parametr měření	rozsah	rozlišení	chyba
úhel sepnutí	0-100 %	1 %	1,5 %
předstih	-90 - +90 °k.h.	1 °k.h.	1,5 %

7. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zpracovat přehled metod a zařízení, které se používají pro zjišťování technického a provozního stavu zážehových motorů s doplňujícími informacemi pro motory plynové.

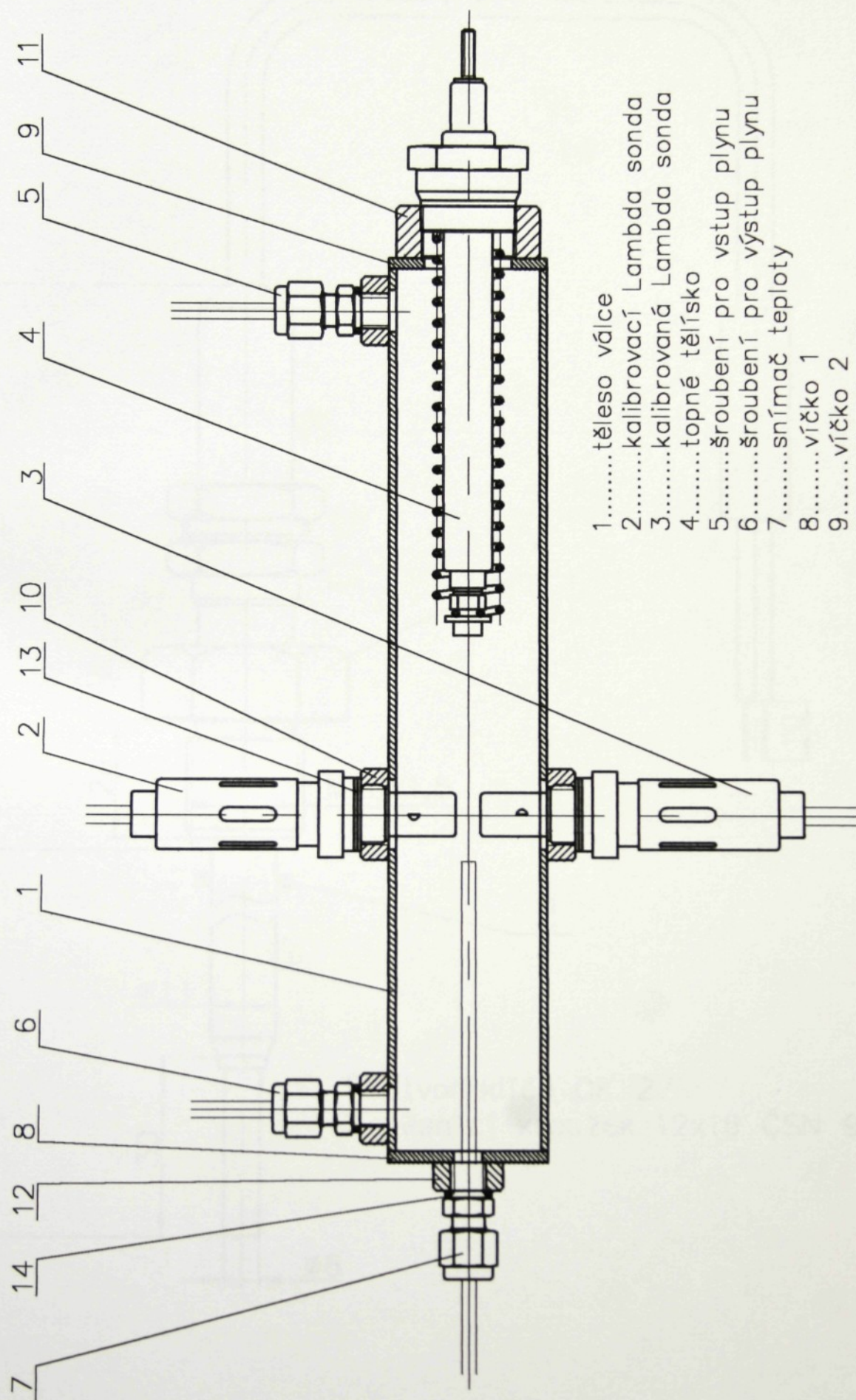
Rovněž bylo úkolem stanovit a popsat parametry plynových zážehových motorů potřebné k ověření jejich technického a provozního stavu a využitelné k seřízení jejich palivového příslušenství, regulačního systému motoru a elektrického zapalování.

V závěru bakalářské práce bylo také nutno navrhnout zařízení a postup pro kontrolu a seřízení hlavních provozních parametrů plynových zážehových motorů s ohledem na dostupnost uváděných zařízení, snadnou obsluhu a snahu provádět diagnostiku plynového zážehového motoru za provozu vozidla, tedy bez potřeby specializovaných diagnostických středisek.

Seznam literatury:

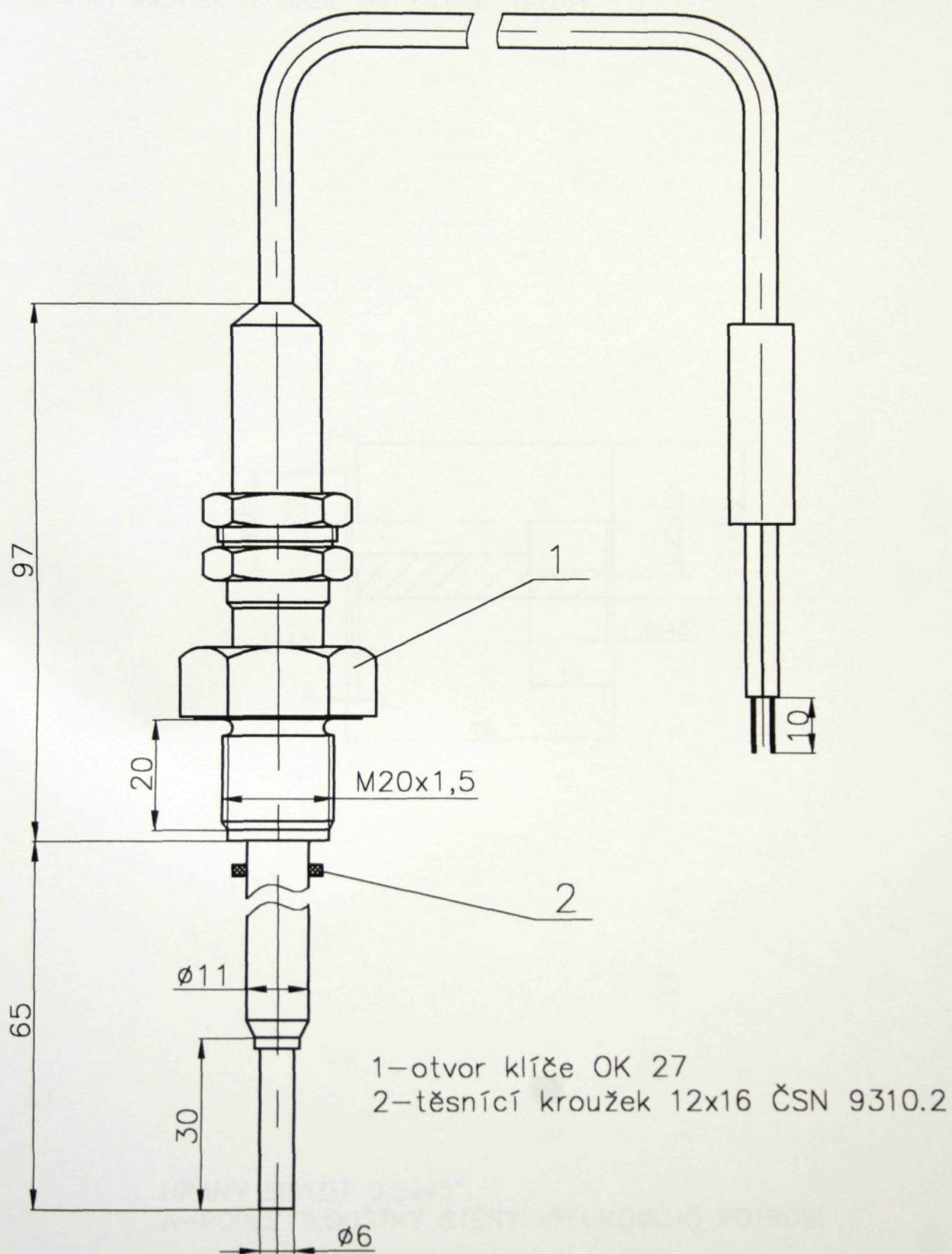
- /1/ HAVLÍČEK, J. a kol.: Provozní spolehlivost strojů. SZN Praha 1989
- /2/ PAPOUŠEK, M.: Diagnostika spalovacích motorů. SNTL Praha 1976
- /3/ LÁNSKÝ, M. a kol.: Měření a diagnostika. NADAS Praha 1986
- /4/ MACEK, J., SUK, B.: Spalovací motory I. Vydavatelství ČVUT Praha 1996
- /5/ SVOBODA, A. a kol.: Plynárenská příručka-CD-ROM. GAS s.r.o. 1997
- /6/ LAURIN, J.: Technická zpráva-Termoelektrický teploměr k měření teplot výfukových plynů motorů LIAZ ML 636NG v autobusech Karosa (5159/370)
- /7/ BRÁZA, A., JENČÍK, J.: Technická měření. Vydavatelství ČVUT Praha, 1996
- /8/ JENČÍK, J. – KUHN, L. a kol.: Technická měření ve strojnictví. TP-57, SNTL Praha
- /9/ KNAUTE, Z.: Snižování škodlivých výfukových emisí plynových motorů katalytickými reakory. Bakalářský projekt. TU Liberec, 1998
- /10/ Firemní literatura Bosch, Brisk a Micronix
- /11/ Firemní literatura Dopravního podniku měst Mostu a Litvínova

SCHEMATICKÝ NÁKRES ZAŘÍZENÍ PRO KALIBRACI SOND LAMBDA

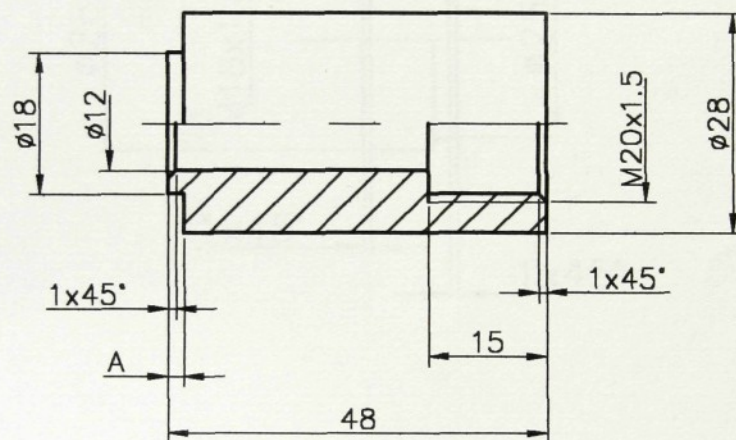


- 1.....těleso válce
- 2.....kalibrovací Lambda sonda
- 3.....kalibrovaná Lambda sonda
- 4.....topné tělísko
- 5.....šroubení pro vstup plynu
- 6.....šroubení pro výstup plynu
- 7.....snímač teploty
- 8.....víčko 1
- 9.....víčko 2
- 10.....šroubení pro Lambda sondy
- 11.....šroubení pro topné tělísko
- 12.....šroubení pro snímač teploty
- 13.....mosazný těsnící kroužek
- 14.....teflonový těsnící kroužek

ROZMĚROVÝ NÁČRTEK TERMoeLEKTRICKÉHO SNÍMAČE



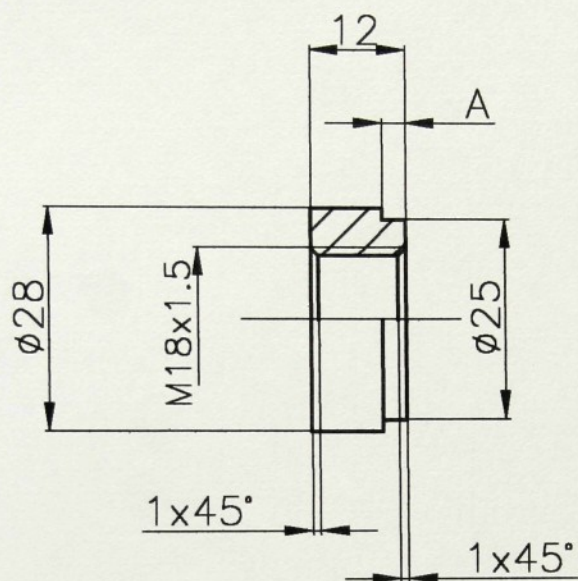
ROZMĚROVÝ NÁČRTEK ŠROUBENÍ PRO SNÍMAČ TEPLoty



HRANY SRAZIT 0.5x45°

A—PODLE TLOUŠŤKY STĚNY VÝFUKOVÉHO POTRUBÍ

ROZMĚROVÝ NÁČRTEK ŠROUBENÍ PRO LAMBDA SONDU



HRANY SRAZIT 0.5x45°
A—PODLE TLOUŠŤKY STĚNY VÝFUKOVÉHO POTRUBÍ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra strojů průmyslové dopravy

Obor 23 - 81 - 7

Strojírenství

Zaměření

Dopravní stroje a zařízení

Alternativní motorová paliva

Alternative motor fuel

Bakalářská práce

KSD - BP - 45

Jan Rezler

Počet stran: 44

Počet příloh: 0

Počet výkresů: 0

MDT: 62 - 611

květen 1999