

Obsah

1	Palivo a emise	11
	Emisní předpisy	11
	Měření emisí	13
2	Zážehové a vznětové motory	15
	Pracovní oběhy motorů	15
	Děje při pracovním oběhu	17
	Emise zážehových motorů	19
	Emise vznětových motorů	20
3	Optimalizace parametrů motoru	21
	Provozní podmínky motoru	21
	Možnosti optimalizace chodu	22
	Příprava spalovací směsi	22
	Směs zážehových motorů	23
	Směs vznětových motorů	24
	Regulace průběhu vstřiku paliva u vznětových motorů	26
	Regulační charakteristiky vznětových motorů	37
	Omezovací regulace	37
	Výkonnostní regulace	37
	Přizpůsobení dávky paliva otáčkám motoru	41
	Přizpůsobení podle vnějších vlivů	48
	Přesnost regulace	50
	Srovnání mechanické a elektronické regulace	52
	Ztráty při sání a výfuku	56
	Časování ventilů	56
	Přeplňované motory	59

Aplikace elektroniky	67
Části regulační soustavy	68
Regulace s otevřenou smyčkou	69
Regulace s uzavřenou smyčkou	69
Tvorba směsi zážehových motorů	70

4

Tvorba směsi karburátorem	73
Spouštění zážehového motoru	74
Startovací přívěra a její funkce	74
Funkce startovací přívěry po nastartování	76
Funkce startovací přívěry ve fázi ohřívání	76
Sytič a jeho funkce	79
Soustava volnoběžného chodu	79
Nastavení volnoběžných otáček přídavným vzduchem	81
Nastavení volnoběžných otáček přídavnou směsí	82
Ostatní režimy chodu motoru	83
Obohacovací soustavy karburátorů	83
Akcelerační čerpadlo	86
Přidržovač škrticí klapky	87
Dvoustupňové a vícehrdlivé karburátory	88
Funkce dvoustupňového karburátoru	89
Vícehrdlivé karburátory	91
Vícehrdlivé dvoustupňové karburátory	93
Automatické startovací zařízení dvouhrdlivých karburátorů	96
Rovnotlaký karburátor	100
Aplikace elektroniky u karburátorů	103
Vypínání volnoběžné směsi při deceleraci	104
Elektronicky ovládaný přidržovač škrticí klapky	104
Možnosti nastavení směšovacího poměru	105
Elektronické ovladače karburátorů	106
Elektronicky řízené karburátory pro vozy Škoda, VW a DB	107
Elektronicky řízené karburátory pro vozy Ford	111
Modernizovaný elektronický karburátor EECIV	115
Elektronicky řízený karburátor vozů Opel	117
Elektronické karburátory s jednoduchou regulací	120

Karburátory s obtokem difuzoru	120
Souprava elektronického karburátoru pro dodatečnou montáž	122
Regulace složení směsi přidáním vzduchem	124

5

Příprava směsi centrálním vstřikováním 127

Jednobodové vstřikování	127
Jednobodové vstřikování Mono-Jetronic	128
Jednobodové vstřikování s řízením podle tlaku a otáček	131
Jednobodové vstřikování s měřením množství vzduchu	134
Centrální vstřikování se dvěma tryskami	135
Vstřikování s tryskami zařazenými vedle sebe	135
Vstřikování s tryskami řazenými za sebou	137
Spojité centrální vstřikování	139

6

Vstřikování paliva do sacích kanálů válců 143

Spojité vstřikování do sacího kanálu	144
Regulace tlaku paliva	145
Dávkování paliva podle množství nasávaného vzduchu	147
Obohacování směsi změnou tlaku	148
Lambda regulace	149
Obohacení směsi při zrychlování	149
Obohacení směsi při startu motoru	151
Obohacení směsi při zahřívání motoru	152
Stabilizace volnoběhu	154
Přerušení přívodu paliva při deceleraci	155
Spojité vstřikování s elektronickou regulací	155
Regulace dávek paliva podle zatížení motoru	157
Korekce dávek s použitím elektroniky	157
Obohacení směsi při startu, volnoběhu a zahřívání motoru	161
Dávkování paliva při plné zátěži a deceleraci motoru	162
Regulace volnoběžných otáček	162
Postup při seřizování soustavy	164
Vstřikovací trysky s přísáváním vzduchu	164

Časované vstřikování do sacího kanálu	165
Palivový okruh	165
Vstřikovací trysky časovaného vstřikování	168
Simultánní, skupinové a sekvenční vstřikování	175

7

Přímé vstřikování do válců motoru	191
Způsoby tvorby směsi s přímým vstřikem paliva	192
Způsoby přímého vstřikování paliva do spalovacího prostoru	194
Přímé vstřikování tekutého paliva	194
Přímé vstřikování částečně vytvořené směsi vzduchu s palivem	196
Vstřikovací trysky přímého vstřikování	197
Vstřikovací trysky pro vstřik tekutého paliva	197
Vstřikovací trysky pro vstřik emulze paliva se vzduchem	199
Vstřikovací soustavy přímého vstřikování	202
Druhy provozu motoru s přímým vstřikem	202
Vstřikovací soustava Bosch Motronic MED 7	204
Vysokotlaké přímé vstřikování benzínu Mitsubishi	207
Vysokotlaké přímé vstřikování dalších značek	208
Přímé vstřikování s vrstvením emulze paliva se vzduchem	209
Přímé vstřikování emulze při stechiometrickém složení výsledné směsi	210

8

Vliv složení směsi na parametry motoru	213
Součinitel přebytku vzduchu – vzduchové číslo lambda	213
Vliv složení směsi na zapalování	215
Kvantitativní řízení výkonu motoru	218
Snižování úrovně emisí při stechiometrické směsi	218
Vhánění sekundárního vzduchu	221
Snižování obohacení směsi	222
Kvalitativní řízení výkonu motoru	224
Zásobníkový katalyzátor	225
Katalytická úprava výfukových plynů vznětových motorů	227
Snižování emisí oxidů dusíku recirkulací výfukových plynů	227
Odvětrávání palivové nádrže	231

9	Měření hmotnosti nasávaného vzduchu	233
	Nepřímé měření množství nasávaného vzduchu	234
	Dávkování paliva podle množství nasávaného vzduchu	234
	Dávkování paliva podle zatížení motoru	236
	Snímání tlaku v sacím potrubí	237
	Měření objemu nasávaného vzduchu	240
	Náporový měřič objemu vzduchu	240
	Měřič rychlosti proudění nasávaného vzduchu	242
	Měřiče hmotnosti nasávaného vzduchu	243
	Měřič hmotnosti vzduchu se žhaveným drátem	245
	Měřič hmotnosti nasávaného vzduchu s vyhříváním filmem	245
	Snímače teploty nasávaného vzduchu	246
	Snímání dalších veličin ovlivňujících dávkování paliva	247
10	Měření složení směsi z obsahu kyslíku ve výfukových plynech	249
	Dvoustavová lambda sonda	249
	Napěťová lambda sonda	249
	Odporová lambda sonda	253
	Širokopásmový měřič obsahu kyslíku	254
	Funkce lambda regulace	256
	Regulace na stechiometrický poměr	257
11	Řízení pohybu směsi ve válci	263
	Víření směsi	264
	Překlápění směsi	266
	Využití turbulence směsi	267
12	Palivová čerpadla zážehových motorů	269
	Elektrická palivová čerpadla	269

Objemová čerpadla	271
Proudová čerpadla	271
Jednostupňová a dvoustupňová čerpadla	272
Šroubová elektrická čerpadla	274
Způsoby instalace elektrických palivových čerpadel	275
Elektrické ochranné obvody	277
Vysokotlaká mechanická čerpadla	279
Mechanické čerpadlo s axiálními písty	279
Mechanické čerpadlo s radiálními písty	280
13 Tvorba směsi vznětových motorů	281
Vstřikování motorové nafty	281
Nepřímé vstřikování do vírové komůrky	281
Přímé vstřikování nafty do spalovacího prostoru	283
Regulace vstřikovaného množství paliva	284
Regulace počátku vstřiku paliva	285
Regulace průběhu spalování	286
Vstřikovací čerpadla vznětových motorů	287
Řadová vstřikovací čerpadla	287
Mechanická regulace řadového čerpadla	288
Nastavení maximálního vstřikovaného množství paliva	291
Regulace počátku vstřikování	293
Řadové vstřikovací čerpadlo s elektronickou regulací množství vstřikovaného paliva	295
Řadové vstřikovací čerpadlo se zdvihovými šoupátky	298
Rotační vstřikovací čerpadla	300
Rotační vstřikovací čerpadla s axiálním pístem	300
Elektronická regulace rotačních čerpadel s axiálním pístem	306
Rotační čerpadla s radiálními písty	308
Mechanická regulace rotačního vstřikovacího čerpadla	311
Elektronicko-hydraulická regulace rotačního čerpadla	316
Elektronická regulace rotačního čerpadla s radiálními písty	319
Vstřikovací trysky otevírané tlakem vstřikovaného paliva	325
Jednopržinové vstřikovací trysky	325

	Dvoupružinové vstřikovací trysky	328
	Vstřikovací trysky se snímačem pohybu jehly	331
	Vstřikování vznětových motorů s elektronicky řízenými tryskami	332
	Soustavy se stálým maximálním tlakem vstřikovaného paliva	333
	Vstřikování paliva s otáčkově závislým průběhem tlaku	338
	Palivové okruhy vznětových motorů	341
	Palivové okruhy řadových vstřikovacích čerpadel	341
	Palivové okruhy rotačních vstřikovacích čerpadel	342
	Palivový okruh vstřikovacích soustav „common rail“	344
	Palivová potrubí a palivové filtry	346
	Dvoustupňový palivový filtr	347
14	Elektronické řídicí jednotky	349
	Snímače a jejich signály	350
	Zpracování analogových signálů snímačů	351
	Digitální způsoby zpracování signálů snímačů	352
	Uspořádání řídicí jednotky soustavy	
	s číslicovým zpracováním signálu	354
	Propojení částí mikropočítače	357
	Sdružování mikropočítačových regulačních soustav	358
15	Spalovací motory a budoucnost	361
	Předpokládaný další rozvoj použití elektroniky	361
	Alternativní motory a pohony	364
	Alternativní paliva	365
	Spalovací motory pro alternativní paliva	366
	Nabídka odborné literatury	369
	Rejstřík	377

Úvod

Pístový spalovací motor je nejdůležitější částí automobilu. Slouží nejen k pohonu vozidla, ale rozhodující mírou ovlivňuje i vlastnosti celého vozidla. V automobilech jsou spalovací motory používány přes sto let a zatím se za ně nenašla plnohodnotná náhrada. Pístový spalovací motor dosahuje nejlepšího poměru mezi využitím paliva a svojí hmotností, proti většině jiných druhů motorů má méně hlučný chod a nižší nároky na údržbu.

I princip činnosti spalovacího motoru zůstává stále stejný. Využívá se přeměny chemické energie, vázané v použitém palivu nejprve jeho spalováním na tepelnou energii a ta se nakonec změní hnacím mechanismem motoru na mechanickou práci. U nejrozšířenějšího druhu automobilových spalovacích motorů probíhá tato přeměna ve čtyřech fázích, během kterých se vytvoří zápalná směs paliva se spalovacím vzduchem, stlačí se na nejmenší objem a pak se zapálí. Vzniklá tepelná energie se během třetí fáze přeměňuje v motoru na mechanickou práci, potřebnou k pohonu. Jakmile je energie vyčerpána, musí se odstranit zbytky spalování, aby se mohlo přivést nové palivo a cyklus bylo možno opakovat.

I když tento proces zůstává nezměněn, bylo vynaloženo mnoho úsilí na zlepšování průběhu jeho jednotlivých fází. Hledaly se způsoby, jak nejlépe připravit směs, aby se s co nejmenšími ztrátami dostalo do spalovacího prostoru válců palivo, potřebné pro požadovaný výkon motoru, aby bylo zapáleno ve vhodný okamžik a shořelo co nejdokonaleji. A také aby odstranění zbytku hoření z válce motoru a přívod čerstvé směsi nevyžadovaly příliš mnoho práce, o kterou by se výkon snížil.

Jak rostl počet provozovaných automobilů, zvyšoval se škodlivý vliv jejich výfukových plynů, zbylých po shoření paliva. Zbytky hoření zhoršují životní prostředí a škodí zdraví. Proto byly uzákoněny přípustné limity těchto škodlivin a předpisy se stále zpřísňují. Cesty k jejich splnění jsou čím dál složitější, technicky náročnější a dražší. Cest je mnoho a důvody patentované ochrany vedou k tomu, že téměř každý výrobce motorů a jejich příslušenství volí jinou, pokud možno svoji původní koncepci. Technika spalovacích motorů pro automobily je proto stále náročnější na znalosti z mnoha vědních oborů.

V této knize jsou shrnuty informace, ze kterých získáte základní orientaci v technice spalovacích motorů osobních automobilů současnosti i nejbližší budoucnosti. Dozvíte se i o tom, jak k vývoji motorů přispívá elektronika a jaké jsou předpokládané nové směry rozvoje automobilismu. Při zpracování této knihy jsem čerpal z mnoha odborných konzultací, rozhovorů, časopisů, ročenek a prezentací výrobců vozidel i příslušenství. Touto cestou tedy děkuji všem, kdo jakýmkoli způsobem přispěli k obsahu následujících stránek.

Autor