OBSAH

10 Motory a jejich použití při stavbě dopravní techniky ... 10
10.1 Obecna defenice motoru ... 11
10.1.1 Dělení motorů z hlediska pohonných energií ... 11
10.1.1.1 Elektrické motory (elektromotory) ... 11
10.1.1.2 Spalovací motory klasické ... 12
10.1.1.3 Parní motory ... 13
10.1.1.4 Stirlingův spalovací motor ... 13
10.1.1.5 Spalovací turbiny a raketové pohony ... 14
10.1.1.6 Hybridní motory ... 14
10.1.1.7 Vodíkový pohon ... 19
10.1.2 Dělení motorů dle ostatních kritérií ... 21
10.1.2.1 Dělení motorů z hlediska mobility ... 21
10.1.2.2 Dělení motorů z hlediska spalování pohonné směsi ... 21
10.1.2.3 Dělení motorů z hlediska skupenství pohonné směsi ... 22
10.1.2.4 Dělení motorů z hlediska typu spalované pohonné směsi ... 22
10.1.2.5 Dělení motorů z hlediska způsobu zapálení pohonné směsi ... 23
10.1.2.6 Dělení motorů z hlediska uspořádání pracovních válců ... 23
10.1.2.7 Dělení motorů z hlediska systému chlazení ... 23
10.1.2.8 Dělení motorů z hlediska pístní skupiny 24
10.1.2.9 Dělení motorů z hlediska otáčení motoru ... 25
10.1.2.10 Dělení motorů z hlediska rychloběžnosti ... 25
10.1.2.11 Dělení motorů z hlediska plnění válců pohonnou směsí ... 25
10.1.2.12 Dělení motorů z hlediska konstrukce rozvodů ... 25
10.1.2.13 Dělení motorů z hlediska výplachu náplně ve válci motoru (vyplachování) ... 26
10.2 Konstrukce spalovacích motorů a základní pojmy ... 26
10.2.1 Základní pojmy, druhy a charakteristiky motorů ... 28
10.2.2 Pracovní oběhy motoru ... 29
10.2.3 Zdvihové objemy pracovního válce a celkový zdvihový objem motoru ... 29
10.2.4 Kompresní poměr pracovního válce motoru ... 29
10.3 Zážehové a vznětové motory ... 31
10.3.1 Čtyřdobé zážehové a vznětové motory ... 31
10.3.2 Dvoudobé zážehové a vznětové motory ... 31
10.3.3 Obecná charakteristika dvoudobých vznětových motorů ... 33
10.3.4 Obecné porovnání dvoudobých a čtyřdobých motorů ... 33
10.4 Účinnost motorů ... 34
10.4.1 Mechanická účinnost motoru ... 35
10.4.2 Tvary spalovacích prostorů u zážehových a vznětových motorů ... 35
10.4.2.1 Spalovací prostor zážehového motoru ... 36
10.4.2.2 Spalovací prostor vznětového motoru ... 37
10.4.2.2.1 Komůrkové spalovací motory ... 38
10.4.2.2.2 Spalovací motory s přímým vstřikováním ... 40
10.4.3 Výkon motoru a točivý moment ... 41
10.5 Tvoření směsi a paliva pro spalovací motory ... 41
10.5.1 Druhy paliva ... 42
10.5.2 Paliva pro zážehové motory ... 42
10.5.2.1 Složení benzinu ... 43
10.5.2.2 Oktanové číslo, Základy emisních norem ... 44
10.5.3 Paliva pro vznětové motory ... 46
10.5.3.1 Vlastnosti nafty jako paliva ... 47
10.5.3.2 Cetanové číslo paliva ... 47
10.5.3.3 Jakostní znaky nafty ... 48
10.5.4 Emise a emisní normy ... 52
10.5.4.1 Rozvoj motorizace a vliv na životní prostředí ... 52
10.5.4.2 Základ vzniku emisních norem ve světě ... 53
10.5.4.3 Nové technologie ve stavbě motorů s cílem snížení emisních zplodin ... 53
10.5.4.3.1 Cílený zážeh pohonné směsi ... 54
10.5.4.3.1.1 Nové konstrukce zapalovacích svíček ... 54
10.5.4.3.1.2 Nové konstrukce zapalovacích cívek ... 54
10.5.4.3.1.3 Konec rozdělovače ... 55
10.5.4.3.1.4 Kabely zapalování ... 55
10.5.4.3.2 Cílený vznět pohonné směsi ... 55
10.5.4.3.3 Úpravy chlazení – chladicí kapalina, vzduch, olej – chladiče, termostaty a termoregulátory ... 56
10.5.4.3.3.1 Chladiče vody ... 56
10.5.4.3.3.2 Chlazení vzduchu, předehřívání nasátého vzduchu ... 56
10.5.4.3.3.3 Chladiče oleje ... 57
10.5.4.3.3.4 Termostaty a termoregulátory ... 57
10.5.4.4 Zpětné spalování výfukových zplodin ... 57

10.5.4.5 Příprava pohonné směsi a vstřikování paliva, lambda sondy, vícenásobné vstřiky, ochuzené palivo, filtrace vzduchu, turbo, víceventilová technika ... 58
10.5.4.6 Filtrace sazí dieselových motorů ... 59
10.5.4.7 Kvalitní komprese motoru ... 60
10.5.4.8 Mezinárodní emisní normy ... 60
10.5.4.8.1 Euro 1 ... 60
10.5.4.8.2 Euro 2 ... 61
10.5.4.8.3 Euro 3 ... 61
10.5.4.8.4 Euro 4 ... 61
10.5.4.8.5 Euro 5 a Euro 6 ... 61
10.5.4.8.6 Další vývoj emisních norem ve světě ... 61
10.6 Konstrukce pístových spalovacích motorů ... 62
10.6.1 Pevné části motoru ... 63
10.6.1.1 Blok motoru a válce motoru ... 63
10.6.1.2 Vložené válce ... 64
10.6.1.3 Výbrus válce ... 66
10.6.1.4 Hlava válce motoru ... 67
10.6.1.5 Šrouby a matice pro upevnění hlavy válce motoru ... 68
10.6.1.6 Těsnění hlavy válce ... 69
10.6.1.7 Víka motoru ... 76
10.6.1.8 Klikova skříň ... 76
10.6.1.9 Sací a výfukové potrubí ... 77
10.6.1.10 Výfukový systém ... 77
10.6.1.11 Filtrace vzduchu (vzduchové filtry) ... 79
10.6.1.12 Údržba a opravy hlavy motoru, výměna těsnění ... 81
10.6.2 Pohyblivé části motoru ... 84
10.6.2.1 Písty motoru ... 84
10.6.2.1.2 Závady a poškození pístů ... 87
10.6.2.2 Pístní kroužky ... 87
10.6.2.2.1 Těsnicí pístní kroužky ... 89
10.6.2.2.2 Stírací pístní kroužky ... 90
10.6.2.2.3 Závady pístních kroužků ... 90
10.6.2.2.4 Montáž pístních kroužků ... 91
10.6.2.3 Pístní čepy ... 91
10.6.2.4 Ojnice ... 92
10.6.2.5 Klikova hřídel motoru ... 93
10.6.2.6 Setrvačník motoru ... 96
10.6.2.7 Opravy pohyblivých částí motoru ... 97
10.6.2.7.1 Oprava a výměna pístů a pístních kroužků ... 97
10.6.2.7.2 Oprava ojnic a pístních čepů ... 98
10.6.2.7.3 Oprava klikové hřídele ... 98
10.7 Rozvody motoru ... 101
10.7.1 Rozvody dvoudobých motorů ... 102
10.7.2 Rozvody čtyřdobých motorů ... 103
10.7.2.1 Uspořádání a druhy ventilových rozvodů ... 104
10.7.2.2 Víceventilové rozvody ... 105
10.7.3 Základní části rozvodů motoru ... 106
10.7.3.1 Ventily ... 106
10.7.3.2 Opravy ventilů ... 108
10.7.3.3 Vačkové hřídele ... 109
10.7.3.4 Zdvihátka ventilů ... 110
10.7.3.5 Rozvodové ventilové tyčky a vahadla ... 111
10.7.3.6 Pohon rozvodového ústrojí ... 112
10.7.3.7 Proměnné časování ventilového rozvodu motoru ... 114
10.8 Nové koncepce dvoudobých motorů ... 123
10.9 Přeplňování motorů ... 126
10.9.1 Spirálové G dmychadlo pro přeplňování motorů ... 128
10.9.2 Přeplňování spalovacích motorů ... 130
10.9.2.1 Rovnotlakové přeplňování ... 132
10.9.2.2 Impulzní přeplňování ... 132
10.9.2.3 Turbocomproud ... 132
10.9.3 Údržba a konstrukční požadavky na přeplňovaný motor ... 135
10.9.4 Kompresory (dmychadla) ... 138
11 Palivová soustava zážehového motoru ... 140
11.1 Příprava směsi ... 140
11.1.1 Součinitel přebytku vzduchu ... 140
11.2 Spalování, hoření v plynech ... 140
11.2.1 Emise výfukových plynů ... 141
11.3 Lambda sonda, lambda regulace ... 143
11.4 Tvorba směsi u zážehových motorů ... 144
11.4.1 Složení směsi podle provozního stavu motoru ... 144
11.4.2 Obsah výfukových plynů ... 145
11.4.3 Činnost lambda sondy ... 146
11.4.3.1 Vyhřívaná lambda sonda ... 147
11.4.3.2 Lambda regulace ... 148
11.4.3.3 Zkoušení – test Lambda sondy ... 148

11.4.3.4 Druhy používaných sond ... 149
11.4.3.5 Lambda regulace ... 150
11.4.4 Katalyzátory ... 151
11.4.4.1 Oxidační katalyzátor ... 152
11.4.4.2 Dvoukomorový katalyzátor ... 152
11.4.4.3 Katalytický konvertor výfukových plynů ... 152
11.5 Palivová soustava zážehového motoru ... 153
11.5.1 Palivové nádrže ... 153
11.5.2 Palivové potrubí ... 153
11.5.3 Palivová čerpadla ... 153
11.5.3.1 Membránové dopravní palivové čerpadlo typu MF ... 154
11.5.3.2 Dvoustupňové palivové rotační čerpadlo ... 154
11.6 Karburátory ... 156
11.6.1 Základní rozdělení karburátorů ... 156
11.6.2 Hlavní požadavky na karburátor ... 157
11.6.3 Stručný přehled vývoje a výrobců karburátorů ... 157
11.6.4 Části a činnost jednotlivých soustav karburátoru ... 157
11.6.4.1 Plováková komora ... 158
11.6.4.2 Systémy studeného spouštění motoru ... 159
11.6.4.3 Systém chodu naprázdno ... 160
11.6.4.4 Seřízení chodu naprázdno ... 161
11.6.4.5 Hlavní systém karburátoru ... 162
11.6.4.6 Obohacování pracovní směsi ... 163
11.6.4.7 Pomocná zařízení karburátoru ... 164
11.6.4.8 Označení karburátorů ... 164
11.6.5 Dvou a vícestupňové karburátory ... 164
11.6.6 Elektronicky řízený karburátor ... 165
11.7 Kontrola, seřízení a opravy karburátorů ... 166
12 Vstřikování paliva zážehových motorů ... 167
12.1 Nepřímé vstřikování zážehového motoru ... 167
12.2 Systémy vstřikování paliva ... 168
12.2.1 MONO-JETRONIC ... 169
12.2.1.1 Palivová soustava Mono-Jetronic ... 169
12.2.1.2 Činnost vstřikovací jednotky ... 171
12.2.1.3 Řídicí jednotka ... 173
12.2.1.4 Vstřikování paliva ... 174
12.2.1.5 Přizpůsobení směsi ... 174
12.2.1.6 Lambda regulace ... 175
12.2.2 Mono-Motronic ... 178
12.2.2.1 Popis a funkce systému Mono-Motronic ... 179
12.2.2.2 Zpracování provozních dat a přídavné funkce ... 183
12.2.2.3 Diagnostika a nouzový režim provozu vstřikování ... 184
12.2.3 L-JETRONIC ... 185
12.2.3.1 Přehled používaných systémů ... 185
12.2.3.2 Popis a funkce systému L-Jetronic ... 185
12.2.3.3 Vzduchový systém a vstřikování paliva ... 186
12.2.3.4 Odměřování paliva ... 189
12.2.3.5 Způsob funkce řídicího systému obecně ... 189
12.2.4 LE-JETRONIC ... 193
12.2.4.1 LE2-JETRONIC ... 194
12.2.4.2 L3-JETRONIC ... 194
12.2.4.3 VARIANTA L3-JETRONIC ... 195
12.2.4.4 VARIANTA L3. 1-JETRONIC ... 195
12.2.5 LH-JETRONIC ... 196
12.2.6 K-JETRONIC ... 197
12.2.6.1 Systém tvorby směsi ... 200
12.2.6.2 Diferenciální tlakové ventily ... 201
12.2.6.3 Funkce systému K-JETRONIC ... 202
12.2.6.4 Přizpůsobení provozním zatížením motoru ... 203
12.2.6.5 Přezkoušení a závady K-JETRONIC ... 204
12.2.7 KE-JETRONIC ... 205
12.2.7.1 Systémové varianty KE3-Jetronic ... 206
12.2.7.2 Doplňkové funkce a přizpůsobení provozním stavům ... 207
12.2.7.3 Další kontrolované hodnoty systému ... 209
12.2.8 Motronic – vícebodové vstřikování pro zážehový motor ... 211
12.2.8.1 Palivový systém ... 213
12.2.8.2 Elektromagnetický vstřikovací ventil ... 214
12.2.9 Snímání provozních dat ... 215
12.2.9.1 Snímání zatížení motoru ... 215
12.2.9.2 Snímač polohy škrticí klapky ... 218
12.2.9.3 Snímání otáček a polohy klikového a vačkového hřídele ... 218
12.2.9.4 Snímání složení směsi ... 219
12.2.9.5 Snímání detonačního spalování – klepání motoru ... 219
12.2.9.6 Snímání teploty motoru ... 220
12.2.9.7 Snímání napětí akumulátoru ... 220
12.2.9.8 Zpracovávání provozních dat – použití signálů pro řízení motoru ... 221

12.2.9.8.1 Výpočet hodnoty zatížení ... 221
12.2.9.8.2 Výpočet doby vstřiku ... 221
12.2.9.8.3 Řízení úhlu sepnutí ... 222
12.2.9.8.4 Řízení úhlu zážehu (předstihu) ... 222
12.2.9.8.5 Základní pole charakteristik ... 223
12.2.10 Provozní stavy ... 223
12.2.11 Regulace volnoběhu ... 224
12.2.12 Obtokové ventily ... 224
12.2.13 Lambda regulace ... 225
12.2.14 Odvětrávací soustava palivové nádrže ... 226
12.2.15 Regulace klepání ... 227
12.2.16 Regulace plnícího tlaku ... 227
12.2.17 Omezení max. otáček a rychlosti ... 228
12.2.18 Recirkulace spalin ... 228
12.2.19 Řízení ventilového rozvodu (nejen systémy Motronic) ... 229
12.2.20 Přepínání sacího potrubí ... 230
12.2.21 Integrovaná diagnostika ... 232
12.2.22 Měřič hmotnosti vzduchu ... 233
12.2.23 Katalyzátor ... 233
12.2.24 Zpětné vedení spalin ... 233
12.2.25 Další kontroly ... 234
12.2.26 Řídící jednotka ... 234
12.3 Komunikace s dalšími systémy ... 235
12.4 Přímé vstřikování benzinu u zážehových motorů ... 235
12.4.1 Přímé vstřikování u zážehových motorů ... 236
12.4.1.1 Příprava směsi pro přímé vstřikování paliva ... 236
12.4.1.1.1 Provoz s vrstveným plněním ... 238
12.4.1.1.2 Homogenní provoz ... 239
12.4.1.1.3 Homogenní provoz s chudou směsí ... 240
12.4.1.1.4 Homogenní provoz s vrstveným plněním ... 240
12.4.1.1.5 Homogenní provoz s ochranou před klepáním ... 240
12.4.1.1.6 Provoz s vrstveným plněním a zahříváním katalyzátoru ... 240
12.4.1.1.7 Redukce oxidů dusíku ... 241
12.4.1.1 Konstrukce a části vstřikovacího systému přímého vstřikování ... 242
12.4.1.2 Vlastní průběh vstřikování paliva ... 244
12.4.1.3 Zásobníkový katalyzátor ... 244
12.4.1.4 Koncepce FSI ... 245
12.4.1.5 Systém IDE ... 245
12.4.2 Části systému přímého vstřikování a jeho činnost ... 245
12.4.2.1 Vysokotlakové čerpadlo ... 246
12.4.2.2 Vysokotlakový zásobník paliva ... 250
12.4.2.3 Vstřikovací elektromagnetické ventily ... 250
12.4.2.4 Další velice důležité součásti ... 251
12.4.2.5 Úprava výfukových plynů ... 254
12.5 Diagnostika – měření tlaku ve vstřikovacích systémech zážehových motorů ... 259
12.5.1 Měření tlaku paliva v systému vstřikování ... 260
12.5.2 Měření u systému K-Jetronic ... 260
12.5.3 Měření u systému KE-Jetronic ... 261
12.5.4 Měření u vícebodových systému vstřikování ... 261
12.5.5 Kontrola účinnosti katalyzátoru ... 261
12.5.6 Diagnostika funkce napěťové lambda sondy ... 263
12.5.7 Kontrola činnosti katalyzátoru ... 264
13 Palivová soustava vznětového motoru ... 265
13.1 Části a činnost palivové soustavy ... 266
13.1.1 Pístové podávací čerpadlo ... 266
13.1.2 Palivové čističe ... 267
13.2 Vstřikovací zařízení vysokotlaká část palivového systému ... 268
13.3 Vstřikovací jednotka ... 269
13.4 Regulátory vstřikovacích čerpadel ... 272
13.4.1 Odstředivá omezovací regulace ... 273
13.4.2 Výkonnostní regulátor vstřikovacího čerpadla ... 274
13.4.3 Předsuvník vstřiku ... 274
13.5 Zkoušení a seřizování vstřikovacího čerpadla ... 275
13.5.1 Zkouška těsnosti výtlačného ventilu ... 275
13.5.2 Zkouška těsnosti pístu vstřikovacího čerpadla ... 275
13.5.3 Seřízení dodávaného množství paliva ... 276
13.5.4 Začátek rozprašování paliva tryskou ... 277
13.5.5 Nastavení maximální dodávky paliva ... 277
13.5.6 Pro výkonnostní regulátory ... 277
13.5.7 Začátek zavírání dodávky paliva ... 277
13.6. Rotační vstřikovací čerpadla ... 277
13.6.1 Rotační čerpadlo Bosch VE ... 277
13.6.2 Vstřikovací čerpadlo Lucas DPC (Distributor – Pump C = rozdělovací čerpadlo typ C) ... 279
13.7 Elektronické řízení vstřikování paliva u rotačních čerpadel ... 287
13.7.1 Elektronická regulace se dělí do třech systémových bloků ... 288
13.7.2 Regulační okruhy ... 289

13.7.3 Vnitřní diagnostika ... 296
13.7.4 Žhavení ... 297
13.7.5 Výměník tepla s předehříváním paliva ... 297
13.7.6 Snímač otáčkových segmentů – vztažných otáček ... 297
13.7.7 Snímač otáček ... 297
13.7.8 Řízení modulovaného tlaku ... 297
13.7.9 Spínač převodovky ... 298
13.7.10 Spínač parkovací polohy ... 298
13.7.11 Nastavovač množství vstřikovaného paliva ... 298
13.7.12 Vnitřní diagnostika ... 298
13.8 Vstřikovací systém HEUI (typ vstřikovače u systému čerpadlo tryska) ... 299
13.9 Vstřikování paliva systém Common - Rail - System ... 299
13.10 Vstřikovací trysky a držáky vstřikovacích trysek ... 302
13.10.1 Vstřikovací systém Common – Rail ... 303
13.10.2 Vstřikovací systém čerpadlo – tryska ... 305
13.10.3 Druhy vstřikovacích trysek ... 306
13.10.4 Jedno a víceotvorová vstřikovací tryska ... 307
13.10.5 Vstřikovací trysky zavřené – čepové ... 307
13.11 Seřizování a kontrola trysek ... 308
13.11.1 Čistění vstřikovacích trysek ... 309
13.11.2 Chemické čištění palivové soustavy vznětového motoru ... 310
13.12 Žhavení a žhavicí svíčky pro vznětové motory ... 310
13.12.1 Žhavicí proces ... 311
13.12.2 Zásady výměny žhavicích svíček ... 313
13.12.3 Poruchy žhavení ... 313
13.12.4 Kontrola a zkoušení žhavicích svíček a žhavení ... 314
13.12.4.1 Zkouška napájení ... 314
13.12.4.2 Zkouška žhavení ... 314
13.12.4.3 Zkouška proudového okruhu ... 315
13.12.4.4 Zkouška relé ... 315
13.12.4.5 Test kontrolky žhavení ... 316
13.13 Systém žhavení vznětových motorů dle norem EURO III a IV ... 316
13.14 Optimalizace procesu prohoření paliva vznětového motoru ... 317
13.15 ISS – Instant Start Systém – Elektronicky řízený systém žhavení dieselových motorů ... 317
13.15.1 Součásti systému ISS ... 318
13.15.2 Funkce systému ... 318
13.15.3 Nejmodernější žhavicí svíčka ... 318
13.15.4 Iontové proudy a jejich využití ... 319
13.15.5 Využití systému ISS v praxi a nová technická terminologie ... 319
13.16 Elektronicky řízené vstřikovací systémy vznětového motoru ... 320
14 Mazání motorů a maziva ... 321
14.1 Druhy mazání ... 321
14.2 Hlavní části tlakové mazací soustavy ... 321
14.2.1 Čističe oleje ... 323
14.3 Údržba a opravy mazací soustavy ... 324
14.4 Motorové oleje ... 325
14.4.1 Klasifikace olejů ... 325
14.4.2 Motorové oleje současnosti ... 328
14.4.3 Požadavky na vlastnosti motorových olejů ... 328
14.4.4 Požadavky na oleje pro vznětové motory ... 328
14.4.5 Viskozitně – teplotní profil motorového oleje ... 328
14.4.6 Výkonnostní klasifikace ... 329
15 Chlazení motoru ... 330
15.1 Kapalinové chlazení ... 330
15.1.1 Chlazení s nuceným oběhem ... 331
15.1.2 Konstrukce a druhy chladičů ... 331
15.1.3 Systém modulového chladiče Amocs ... 332
15.1.4 Zátka chladiče ... 332
15.1.5 Vodní čerpadla ... 332
15.1.6 Termostat ... 333
15.2 Vzduchové chlazení ... 335
15.3 Chladicí kapaliny ... 336
15.4 Topení a větrání ... 337
15.5 Klimatizace vozidel, výhody, druhy a použití v automobilech ... 337
15.5.1 Kompresor ... 338
15.5.2 Kondenzátor ... 340
15.5.3 Expanzní ventil ... 340
15.5.4 Rozprašovací tryska ... 341
15.5.5 Výparník ... 341
15.5.6 Chladicí prostředek ... 341
15.5.7 Ovládání klimatizace ... 341
15.6 Opravy a údržba klimatizace ... 341
16 Diagnostika motoru ... 345
16.1 Diagnostika zážehového motoru ... 346
16.2 Osciloskop a diagnostika podle osciloskopu ... 349
16.3 Diagnostika vznětového motoru ... 351

16.4 Diagnostika palivového systému a měření emisí výfukových plynů ... 351
16.5 Moderní metody snižování emisních zplodin ... 354
16.5.1 Snižování emisí u spalovacích motorů v návaznosti na normy EU ... 355
16.5.1.1 Vstřikovače pro vznětové motory ... 356
16.5.1.2 Vstřikovač pro systém čerpadlo – tryska /UIS3/ ... 357
16.5.1.3 Filtr pevných částic DPF ... 357
16.5.1.4 Dodatečné spalování pevných částic výfukových plynů ... 357
16.6 Výfukové zpětné ventily AGR a EAGR ... 357
16.6.1 Řízení pneumatických elektrických AGR-Ventilů ... 358
16.6.2 Elektrické AGR Ventily ... 358
16.6.2.1 EAGR Náhon ... 359
16.6.3 Elektronika ... 359
16.6.4 AGR pneumatický ventil ... 360
16.6.5 Elektromagnetické ventily EAGR ... 360
Rejstřík ... 361
Rejstřík obrázků tabulek ... 367
Použitá literatura ... 373
Barevná příloha ... 377