OBSAH

Předmluva 11
Přehled hlavních označení 13

1. Energia a energetické názvoslovie

1.1 Pojem energie, druhy a formy energie 17
1.2 Surová a zušľachtená energia 18
1.3 Posudzovanie energií 18
1.4 Základné energetické pojmy a názvoslovie 19

2. Teorie energetických strojů

2.1 Základní rovnice tepelného stroje 24
2.2 Zobrazení pochodu v obecném stroji v diagramu T-s a p-v 28
2.3 Použití základní rovnice tepelného stroje 31
2.4 Otevřený a uzavřený oběh 38
2.5 Termická, teoretická a termodynamická účinnost oběhu 40
2.6 Pracovní způsoby strojů pro přeměnu energie 42
2.7 Průtok pracovní látky rotujícím kanálem 42
2.8 Účinek pracovní látky na kanál a oběžné kolo 44

3. Tepelné turbíny

3.1 Tepelný oběh parní elektrárny 46
3.2 Výkon a definice termodynamické účinnosti turbíny 49
3.3 Měrná spotřeba páry a tepla 50
3.4 Průtok pracovní látky rozváděcím a oběžným kolem 51
3.5 Výpočet délky lopatky 55
3.6 Konstrukční uspořádání rovnotlakého a přetlakového olopatkování . . 58
3.7 Průtok kanálem 61
3.8 Průtok nerozšířeným kanálem při odchylných stavech 69
3.9 Průtok rozšířeným kanálem při odchylných stavech 72
3.10 Průtok soustavou kanálů 76
3.11 Termodynamická účinnost rovnotlakého stupně 78
3.12 Rovnotlaká kola s větším počtem řad lopatek. Ostatní ztráty 81
3.13 Termodynamická účinnost přetlakového stupně 95
3.14 Mnohostupňové turbíny 100
3.15 Namáhání turbínových lopatek 105
3.16 Ostatní ztráty v turbíně 109
3.17 Způsoby zvyšování teoretické účinnosti parních turbín 111
3.18 Řízení výkonu parních turbín 124
3.19 Kondenzátor a kondenzační zařízení 133
3.20 Zásady konstrukčního provedení parních turbín 137
3.21 Plynové a spalovací turbíny 142
Literatura 151

4. Parné generátory

4.1 Pracovný princíp parného generátora 152
4.2 Palivá pre parné generátory 153

4.2.1 Palivá skupenstva pevného . . . 153
4.2.2 Palivá skupenstva kvapalného . . . 154
4.2.3 Palivá skupenstva plynného . . . 155
4.2.4 Kalorická hodnota palív . . . 156
4.3 Spaľovanie palív . . . 157
4.4 Spotreba kyslíka a vzduchu pri spaľovaní . . . 158
4.4.1 Spaliny . . . 159
4.5 Funkčné celky parného generátora . . . 161
4.5.1 Ďalšie príslušenstvo kotolného agregátu . . . 162
4.6 Armatúra kotla . . . 163
4.6.1 Meracie prístroje . . . 168
4.7 Rozdelenie parných generátorov . . . 169
4.7.1 Kotlové plochy a stav hladiny v kotle . . . 171
4.7.2 Určovacie veličiny parného generátora . . . 171
4.8 Entalpia vodnej pary, účinnosť a straty kotla . . . 173
4.9 Plocha roštu a obsah spaľovacieho priestoru . . . 176
4.9.1 Spaľovacia teplota a teplota spaľovacieho priestoru . . . 178
4.9.2 Prirodzený a umelý ťah . . . 179
4.10 Plochy parného generátora . . . 181
4.10.1 Veľkosti plôch parného generátora . . . 192
4.11 Hlavné typy parných generátorov . . . 195
4.12 Príprava paliva pre spaľovanie . . . 216
4.12.1 Uhoľné mlyny . . . 218
4.13 Spaľovacie zariadenie . . . 220
4.14 Úprava napájacej vody . . . 226
4.15 Regulácia kotlov . . . 231
4.16 Materiál a pevnostný výpočet parných generátorov . . . 234
Literatúra . . . 236

5. Tepelné energetické výrobne

5.1 Tepelné elektrárne a výhrevne . . . 237
5.1.1 Kondenzačné elektrárne . . . 237
5.1.1.1 Účinnosti a merné spotreby . . . 237
5.1.1.2 Spôsoby zvyšovania termickej účinnosti . . . 242
5.1.2 Teplárne a výhrevne . . . 244
5.1.2.1 Teplárne . . . 244
5.1.2.2 Výhrevne . . . 251
5.1.2.3 Voľba nositeľov tepla . . . 252
5.1.3 Elektrárne s plynovými turbínami . . . 253
5.1.4 Navrhovanie energetických výrobní . . . 254
5.1.4.1 Kondenzačné elektrárne . . . 255
5.1.4.2 Teplárne a výhrevne . . . 256
5.1.4.3 Voľba výkonov agregátov . . . 257
5.1.5 Prevádzka tepelných elektrární . . . 258
5.1.6 Výrobné náklady . . . 259
5.2 Jaderné elektrárny . . . 260
5.2.1 Úvod . . . 260
5.2.2 Některé základní pojmy a jednotky jaderné fyziky . . . 260
5.2.3 Řetězová reakce . . . 262
5.2.4 Jaderné reaktory . . . 263
5.2.5 Jaderné elektrárny . . . 265
5.3 Plynárstvo . . . 268
5.3.1 Karbonizácia tuhých palív . . . 269
5.3.1.1 Vysokoteplotná karbonizácia . . . 269
5.3.1.2 Nízkoteplotná karbonizácia . . . 270
5.3.2 Splynovanie tuhých palív . . . 271
5.3.2.1 Nízkotlakové splynovanie . . . 271
5.3.2.2 Tlakové splynovanie . . . 272
5.3.3 Štiepenie kvapalných palív a zemného plynu . . . 274
5.3.3.1 Jednostupňové katalytické štiepenie . . . 274
5.3.3.2 Dvojstupňové termicko-katalytické štiepenie . . . 275
5.4 Odpadové látky z energetických výrobní . . . 275

5.4.1 Škodlivé exhalácie . . . 275
5.4.2 Ochrana proti škodlivým exhaláciám . . . 277
5.4.3 Troska a popolček . . . 279
5.4.4 Odpadové vody . . . 280
5.4.4.1 Samočistenie tokov . . . 280
5.4.4.2 Čistenie odpadových vôd . . . 281
Literatúra . . . 282

6. Spalovací motory

6.1 Princip spalovacích motorů a jejich pracovní oběhy . . . 283
6.1.1 Spalovací motory jako tepelný stroj . . . 283
6.1.2 Porovnání spalovacích motorů s jinými tepelnými motory . . . 283
6.1.3 Rozdělení pístových spalovacích motorů . . . 284
6.1.4 Pracovní oběh motoru. Indikátorový diagram . . . 286
6.1.4.1 Základní pojmy a definice používané u spalovacích motorů . . . 286
6.1.4.2 Čtyřdobé motory . . . 287
6.1.4.3 Dvoudobé motory . . . 289
6.1.5 Porovnání pracovních oběhů čtyřdobých a dvoudobých motorů . . . 291
6.1.6 Základní parametry spalovacích motorů . . . 291
6.1.6.1 Indikovaná práce a střední indikovaný tlak . . . 291
6.1.6.2 Indikovaný výkon . . . 292
6.1.6.3 Mechanické ztráty a užitečný výkon . . . 293
6.1.6.4 Indikovaná účinnost a indikovaná měrná spotřeba paliva . . . 294
6.1.6.5 Celková účinnost a měrná spotřeba paliva . . . 295
6.2 Ideální a teoretické oběhy . . . 295
6.2.1 Všeobecně . . . 295
6.2.2 Zobecnělý ideální oběh spalovacích motorů . . . 296
6.2.3 Ideální oběhy motorů . . . 299
6.2.3.1 Smíšený oběh s přívodem tepla při V = konst, a p = konst . . . 299
6.2.3.2 Oběh s přívodem tepla při V = konst . . . 304
6.2.3.3 Oběh s přívodem tepla při p = konst . . . 305
6.2.3.4 Porovnání oběhů . . . 306
6.2.4 Teoretické oběhy spalovacích motorů . . . 307
6.3 Skutečné oběhy a jejich diagramy . . . 308
6.3.1 Odchylky skutečných diagramů od diagramů teoretických . . . 308
6.3.2 Vliv negativní plochy p-V diagramu . . . 310
6.3.3 Tepelná bilance spalovacího motoru . . . 310
6.4 Výměna náplně válce ve spalovacích motorech . . . 312
6.4.1 Čtyřdobé motory . . . 312
6.4.2 Dvoudobé motory . . . 313
6.5 Teorie tvoření směsi . . . 316
6.5.1 Tvoření směsi u zážehových motorů . . . 316
6.5.1.1 Charakteristika ideálního karburátoru . . . 316
6.5.1.2 Jednoduchý karburátor . . . 317
6.5.1.3 Karburátor se sníženým podtlakem u trysky . . . 319
6.5.1.4 Karburátor s kompenzační tryskou . . . 320
6.5.1.5 Jiné způsoby korekce složení směsi . . . 321
6.5.1.6 Pomocná zařízení karburátoru . . . 321
6.5.2 Tvoření směsi ve vznětových motorech . . . 321
6.5.2.1 Podmínky pro rozprášení paliva . . . 321
6.5.2.2 Vstřikovací čerpadla vznětových motorů . . . 323
6.5.2.3 Vstřikovače . . . 324
6.6 Hoření směsi a tvary spalovacích prostorů . . . 325
6.6.1 Hoření směsi u zážehových motorů . . . 325
6.6.2 Spalovací prostory zážehových motorů . . . 327
6.6.3 Hoření směsi ve vznětových motorech . . . 330
6.6.4 Spalovací prostory vznětových motorů . . . 331
6.7 Přeplňování spalovacích motorů . . . 334
6.7.1 Možnosti zvyšování výkonu spalovacích motorů . . . 334
6.7.2 Chlazení plnicího vzduchu . . . 334
6.7.3 Způsoby a uspořádání přeplňování motorů . . . 335
6.7.3.1 Mechanické přeplňování . . . 335

6.7.3.2 Přeplňování turbodmýchadlem . . . 335
6.8 Režimy práce a charakteristiky spalovacích motorů . . . 337
6.8.1 Režimy práce spalovacích motorů . . . 337
6.8.2 Charakteristiky spalovacích motorů . . . 338
6.8.2.1 Charakteristiky rychlostní . . . 339
6.8.2.2 Charakteristiky vrtulové . . . 340
6.8.2.3 Charakteristiky univerzální . . . 340
6.8.2.4 Charakteristika chodu naprázdno . . . 341
6.8.2.5 Charakteristika zatěžovací . . . 341
6.8.2.6 Charakteristiky seřizovací . . . 342

7. Vodní stroje

A. Čerpadla . . . 343
7.1 Rozdělení čerpadel . . . 343
7.2 Základní pojmy čerpací techniky . . . 343
7.2.1 Dopravované množství Q . . . 343
7.2.2 Manometrická dopravní výška H_{man} . . . 344
7.2.3 Stanovení výkonu hnacích strojů . . . 348
7.2.4 Porovnání pístových čerpadel s odstředivými čerpadly . . . 348
7.3 Objemová neboli hydrostatická čerpadla pístová . . . 350
7.3.1 Čerpadla jednočinná . . . 350
7.3.2 Čerpadla dvojčinná . . . 353
7.3.3 Čerpadla dávkovací . . . 354
7.3.4 Výstroj pístových čerpadel . . . 357
7.3.5 Čerpadla s rotačními písty . . . 358
7.3.5.1 Čerpadla s rotačními radiálními písty . . . 358
7.3.5.2 Čerpadla s rotačními axiálními písty . . . 362
7.3.6 Objemová neboli hydrostatická čerpadla rotační . . . 363
7.3.6.1 Čerpadla zubová . . . 363
7.3.6.2 Čerpadla vačková . . . 367
7.3.6.3 Čerpadla šneková . . . 367
7.3.6.4 Čerpadla vřetenová . . . 368
7.3.6.5 Čerpadla lamelová . . . 371
7.3.6.6 Čerpadla hadicová . . . 373
7.3.6.7 Čerpadla labyrintová . . . 373
7.4 Čerpadla lopatková — hydrodynamická . . . 375
7.4.1 Rozdělení lopatkových čerpadel . . . 375
7.4.2 Základní pracovní rovnice čerpadla . . . 378
7.4.3 Tvary oběžných lopatek a jejich vliv na poměr kinetické a potenciální energie . . . 382
7.4.4 Teoretická a skutečná charakteristika čerpadla . . . 385
7.4.5 Celková účinnost čerpadla . . . 388
7.4.6 Změna parametrů čerpadla při různých otáčkách . . . 391
7.4.7 Specifické neboli měrné otáčky čerpadla . . . 393
7.4.8 Sací výška a kavitace . . . 395
7.4.9 Řazení oběžných kol . . . 398
7.4.10 Axiální síla a její zachycení . . . 401
7.4.10.1 Vyvážení axiální síly . . . 401
7.4.10.2 Axiální odlehčení těsnicími kruhy . . . 401
7.4.10.3 Axiální vyvážení vícestupňového čerpadla . . . 402
7.4.10.4 Axiální vyvážení mimo pracovní prostor . . . 403
7.4.11 Paralelní zapojení čerpadel do společného výtlačného řadu . . . 404
7.4.12 Čerpadla proudová . . . 406
7.4.12.1 Vodní ejektory . . . 406
7.4.12.2 Vodní trkače . . . 407
7.4.12.3 Mamutová čerpadla . . . 407
B. Vodní turbíny . . . 408
7.5 Vodní dílo . . . 408
7.5.1 Centrály průběžné, akumulační a přečerpávací . . . 408
7.5.2 Spolupráce vodních a tepelných elektráren . . . 410
7.5.3 Využití vodní energie v ČSSR a ve světě . . . 411
7.6 Vodní turbíny . . . 412

7.6.1 Rozdělení turbín . . . 412
7.6.2 Vztahy mezi spádem, průtokem, výkonem a účinností . . . 414
7.6.3 Rychlostní trojúhelníky . . . 417
7.6.4 Sací trouba a kavitace . . . 419
7.6.5 Příklady provedení turbín a regulace výkonu . . . 421
7.6.6 Hydraulická podobnost . . . 428
7.6.7 Specifické neboli měrné otáčky . . . 431
7.6.8 Změna účinnosti v závislosti na rozměrech stroje . . . 435
7.6.9 Normální charakteristika turbíny . . . 437
7.6.10 Soustrojí přečerpávací . . . 439
C. Hydraulické převody . . . 441
7.7 Převody objemové (hydrostatické) . . . 441
7.8 Převody lopatkové (hydrodynamické) . . . 443
7.9 Hydraulické spojky . . . 443
7.9.1 Měnič momentů — hydraulický konvertor . . . 444
Literatura . . . 447

8. Pístové kompresory

8.1.1 Uplatnění stlačených plynů a par . . . 448
8.1.2 Druhy kompresorů . . . 448
8.2 Termodynamika kompresorů . . . 451
8.2.1 Diagramy ideálního kompresoru jednostupňového . . . 451
8.2.2 Spotřeba mechanické energie . . . 452
8.2.2.1 Izotermická práce . . . 453
8.2.2.2 Adiabatická práce . . . 454
8.2.2.3 Polytropická práce . . . 454
8.2.3 Objemová a dopravní účinnost kompresoru . . . 455
8.2.4 Několikastupňová komprese . . . 456
8.2.5 Výpočet hlavních rozměrů kompresoru . . . 458
8.2.6 Příkony a energetické účinnosti kompresorů . . . 459
8.3 Rozvody kompresorů a vývěv . . . 462
8.3.1 Samočinné ventily . . . 462
8.3.2 Elementární výpočet ventilů . . . 463
8.3.3 Nucené rozvody vývěv . . . 464
8.4 Rotační kompresory . . . 465
8.4.1 Rotační křídlové kompresory . . . 465
8.4.2 Kompresory s valivým pístem . . . 467
8.4.3 Vodokružné kompresory a vývěvy . . . 468
8.4.4 Dvoupístové rotační kompresory . . . 470
8.4.5 Šroubové kompresory . . . 471
8.5 Regulace nasávaného množství plynu . . . 473
8.5.1 Regulace změnou otáček . . . 473
8.5.2 Regulace zastavováním a spouštěním . . . 473
8.5.3 Regulace uzavíráním sání . . . 474
8.5.4 Regulace přepouštěním z výtlaku do sání . . . 475
8.5.5 Regulace odtlačením sacích ventilů . . . 475
8.5.6 Regulace reduktorem . . . 476
8.6.1 Kompresorové chladiče . . . 476
8.6.2 Příslušenství chladičů . . . 477
8.6.3 Výpočet plochy chladiče . . . 478
8.7 Kompresorové stanice . . . 479
8.7.1 Sací filtry . . . 479
8.7.2 Větrníky . . . 480
8.7.3 Pojistné ventily . . . 480
Literatura . . . 481

9. Turbokompresory a ventilátory

9.1 Stlačení v turbokompresoru. Rozdělení turbokompresorů podle stlačení 482
9.2 Radiální a axiální konstrukce . . . 483
9.3 Výpočet příkonu a stlačení . . . 484
9.4 Vliv počtu lopatek oběžného kola . . . 488

9.5 Chlazení při kompresi 489
9.6 Účinnost turbokompresoru 492
9.7 Charakteristika turbokompresoru 493
9.8 Charakteristika spotřebiče 495
9.9 Regulace turbokompresoru 497
9.10 Poznámky ke konstrukci turbokompresorů 499
9.11 Použití turbokompresorů 501
Literatura 502

10. Technika chlazení

10.1.1. Národohospodářský význam techniky chlazení 503
10.1.2 Technika chlazení ve strojírenství 503
10.1.3 Základní způsoby ochlazování pod teplotu okolí 504
10.2 Chladicí oběhy 505
10.2.1 Jednostupňové kompresorové zařízení 505
10.2.2 Ejektorové chladicí zařízení 507
10.2.3 Absorpční chladicí zařízení 508
10.2.4 Plynové chladicí zařízení s expanzí stlačeného plynu 509
10.2.5 Termoelektrická chladicí zařízení 511
10.3 Chladiva 512
10.3.1 Stručný přehled vlastností nejobvyklejších chladiv 513
10.4 Určení rozměrů chladicího kompresoru 514
10.4.1 Vliv jakosti páry na chladicí oběh 514
10.4.2 Vliv teplot na chladicí výkon 515
10.5 Přímý a nepřímý způsob chlazení 515
10.5.1 Teplonosné látky 516
10.5.2 Koncentrace solanky 516
10.6 Chlazení suchým ledem a kapalným kysličníkem uhličitým 517
10.7 Výpočet potřebného chladicího výkonu 518
10.7.1 Ztráta průchodem tepla složenými stěnami 519
10.8 Části chladicího okruhu 520
10.8.1 Výparníky 520
10.8.2 Kondenzátory 524
10.8.3 Sběrače kapalného chladiva 531
10.8.4 Odlučovač oleje 531
10.8.5 Odlučovač kapalného chladiva 531
10.9 Tlakové nádoby chladicích zařízení 531
10.10 Automatika chladicích zařízení 532
10.10.1 Automatický expanzní ventil 533
10.10.2 Termostatický expanzní ventil 533
10.10.3 Nízkotlaký plovákový ventil 534
10.10.4 Vysokotlaký plovákový ventil 534
10.10.5 Kapilárový restriktor 534
10.10.6 Termostat 535
10.11 Chladicí skříně a barokomory 535
10.11.1 Chladicí komory bez strojního zařízení 537
10.11.2 Chladicí kobky pro zkoušení vozidel 537
10.11.3 Vlastnosti kovů při hlubokých teplotách 538
10.12 Základy techniky hlubokých teplot 538
10.12.1 Zkapalňování plynů konáním vnitřní práce 539
10.12.2 Zkapalňování plynů konáním vnější práce 540
10.12.3 Zkapalňování plynů kaskádní metodou 541
10.13 Bezpečnostní předpisy pro chladicí zařízení 542
Literatura 544