

OBSAH

Předmluva	11
Přehled hlavních použitých značek a indexů	12
1 ZÁKLADY OBECNÉ ENERGETIKY	15
1.1 Zdroje a zásoby energie	15
1.1.1 Fosilní paliva	15
1.1.1.1 Uhlí	15
1.1.1.2 Uhlovodíková paliva	16
1.1.2 Jaderná paliva	17
1.1.2.1 Jaderná paliva pro štěpné procesy	17
1.1.2.2 Termojaderná energie	18
1.1.3 Obnovitelné zdroje energie	18
1.1.3.1 Vodní energie	19
1.1.3.2 Geotermální energie	19
1.1.3.3 Sluneční energie	20
1.1.3.4 Energie přílivu	20
1.1.3.5 Energie mořských vln	21
1.1.3.6 Větrná energie	21
1.1.3.7 Biomasa	21
1.2 Spotřeba energie ve světě a v ČSSR a perspektivy jejího vývoje	22
1.3 Bilance výroby a spotřeby elektrické energie	25
1.4 Průběh zatížení, diagramy zatížení	29
1.4.1 Časový průběh zatížení	29
1.4.2 Diagram trvání zatížení	30
1.4.3 Integrační čára	32
1.4.4 Pokrývání diagramu zatížení elektrizační soustavy	32
1.5 Základní typy tepelných centrál	34
1.5.1 Kondenzační elektrárna	34
1.5.2 Parní teplárna	37
1.5.3 Elektrárna se spalovacími turbínami	38
1.5.4 Teplárna se spalovacími turbínami	40
1.5.5 Paroplynová elektrárna	40
1.5.6 Vytápna	41
2 TEORIE TEPELNÉ ENERGETIKY	43
2.1 Oběhy parních elektráren	43
2.1.1 Základní vztahy	43
2.1.2 Carnotův oběh	44
2.1.3 Rankinův—Clausiovův parní oběh	46
2.2 Definice a přehled účinností elektrárny, energetické ukazatele	48
2.3 Teplárenské oběhy	53
2.3.1 Úspora tepla při kombinované výrobě tepla a elektřiny	53
2.3.2 Tepelné účinnosti parních tepláren	56
2.3.3 Energetické ukazatele tepláren	61
2.4 Způsoby zvyšování účinnosti parních oběhů	62
2.4.1 Zlepšení vakua v kondenzátoru	62
2.4.2 Zvyšování parametrů vstupní páry	65
2.4.3 Regenerace tepla u parních oběhů	68
2.4.4 Přihřívání páry	78
2.5 Optimalizace základních parametrů parního oběhu	86
2.5.1 Metody optimalizace tepelných centrál	86
2.5.2 Analytické určení optimálního přihřívacího tlaku	89

2.5.3	Optimální teplota napájecí vody u kondenzační elektrárny	90
2.5.4	Optimální teplota napájecí vody u teplárny s protitlakovými turbínami	93
2.5.5	Optimální rozdělení odběrů páry pro regeneraci tepla	95
2.5.6	Optimální tlak v kondenzátoru	98
2.6	Oběhy plynových a spalovacích turbín	99
2.6.1	Rozdělení a základní charakteristika oběhů plynových a spalovacích turbín	99
2.6.2	Jednoduchý otevřený oběh s přívodem tepla při konstantním tlaku	101
2.6.3	Otevřený oběh s regenerací tepla	104
2.6.4	Otevřený oběh s dělenou kompresí a vícenásobným spalováním	106
2.6.5	Uzavřené plynové oběhy	110
2.7	Oběhy jaderných elektráren	111
2.7.1	Základní typy a parametry oběhů jaderných elektráren	111
2.7.2	Oběhy jaderných elektráren se sytou nebo mírně přehřátou párou	113
2.7.3	Dvoutlakové oběhy jaderných elektráren	118
2.7.4	Oběhy jaderných elektráren s plynovými turbínami	123
2.8	Paroplynové oběhy	126
2.8.1	Srovnání parních oběhů a oběhů spalovacích turbín, paroplynový oběh	126
2.8.2	Ideální paroplynový oběh	126
2.8.3	Základní typy paroplynových oběhů a elektráren	130
2.9	Využití exergetických bilancí při návrhu tepelného schématu	137
2.9.1	Význam a definice exergie	137
2.9.2	Exergie tepla, ztráta exergie při nevratných změnách	138
2.9.3	Exergie pracovní látky, ztráta exergie při nevratných změnách	139
2.9.4	Exergetická účinnost	141
2.9.5	Znárodnění exergie v i-s diagramu	142
2.9.6	Exergie paliv a exergie spalín	142
2.9.7	Vyhodnocovací diagramy exergie	143
2.9.8	Exergetické hodnocení energetických přeměn	144
3	PRACOVNÍ OKRUH TEPELNÝCH CENTRÁL	146
3.1	Volba vstupních stavů páry	146
3.2	Normalizované stavy páry a výkony. Značení typů turbín a kotlů	150
3.3	Zjednodušený výpočet tepelného schématu	151
3.3.1	Oběh kondenzační elektrárny nebo protitlakové teplárny s regenerací tepla	152
3.3.2	Oběh kondenzační elektrárny s přihříváním páry	153
3.3.3	Oběh teplárny s kondenzační turbínou s dvěma regulovanými odběry	153
3.4	Návrh a detailní výpočet tepelného schématu. Prvky tepelného schématu	155
3.4.1	Postup výpočtu	155
3.4.2	Směšování	159
3.4.3	Výměníky tepla	159
3.4.4	Ódparky a měniče páry	168
3.4.5	Odplyňovače	170
3.4.6	Napájecí nádrže	176
3.4.7	Expandery	176
3.4.8	Odlučovače vlhkosti a parní přihříváky v jaderných elektrárnách	177
3.4.9	Přepouštěcí stanice	183
3.5	Napájecí zařízení	183
3.6	Hmotnostní bilance pracovní látky — ztráty vody a páry	188
3.6.1	Klasické tepelné elektrárny a sekundární okruh jaderných elektráren	188
3.6.2	Úniky a odvody pracovní látky z primárního okruhu jaderných elektráren	189
4	ZÁSOBOVÁNÍ TEPEM A TEPLÁRENSTVÍ	192
4.1	Potřeba tepla	192
4.1.1	Potřeba tepla pro vytápění	192
4.1.2	Potřeba tepla pro větrání	195
4.1.3	Potřeba tepla pro klimatizaci	196
4.1.4	Potřeba tepla pro ohřívání užitkové vody (TUV)	196
4.1.5	Potřeba tepla pro technologické účely	197
4.1.6	Tepelné ztráty	198
4.1.7	Souhrnná potřeba tepla	198
4.2	Zdroje tepla, základní schémata a typy tepláren a výtopen, požadavky na městské a průmyslové teplárny	200
4.2.1	Výtopny	200
4.2.2	Teplárny městské, teplárenský součinitel	202
4.2.3	Teplárny průmyslové	214

4.2.3.1	Hutní průmysl (hutní kombináty železa a hliníku)	215
4.2.3.2	Chemický průmysl (chemické kombináty, kaučukárny, gumárny aj.)	216
4.2.3.3	Závody na zpracování a využití paliv (doly, koksovny, briketárny aj.)	217
4.2.3.4	Papírensko-ocelový průmysl	217
4.2.3.5	Strojírenský průmysl	217
4.2.3.6	Ostatní průmysl	218
4.2.4	Jaderné zdroje tepla	218
4.2.5	Parní kondenzační elektrárny s dodávkou tepla, rekonstrukce kondenzačních elektráren na teplárenský provoz	222
4.2.6	Teplárny se spalovacími turbinami	224
4.2.7	Spalovny odpadků	226
4.3	Zařízení pro předávání tepla do tepelných sítí	227
4.3.1	Předávání tepla do parních sítí	227
4.3.2	Předávání tepla do vodních sítí	232
4.4	Tepelné sítě	238
4.4.1	Účel tepelné sítě a teplotonosná látka	238
4.4.2	Parní sítě	242
4.4.3	Vodní sítě	245
4.4.4	Regulace dodávky tepla	248
4.4.5	Stavební provedení tepelných sítí	250
4.5	Akumulace tepla	255
5	JADERNÉ ELEKTRÁRNY A TEPLÁRNY	259
5.1	Fyzikální základy jaderných reaktorů	259
5.1.1	Jaderné reakce	259
5.1.2	Pravděpodobnost jaderných reakcí — účinné průřezy	262
5.1.3	Řetězová reakce	265
5.1.4	Bilance neutronů při štěpení U 235 a v jaderném reaktoru	266
5.1.5	Difúze neutronů v jaderném reaktoru	268
5.1.6	Průběh neutronového toku v aktivní zóně	270
5.2	Vývin tepla v jaderném reaktoru	274
5.2.1	Měrný tepelný tok	274
5.2.2	Teplo uvolněné v palivovém článku, rozdělení tepelného toku v aktivní zóně	275
5.2.3	Průběh teplot v palivovém článku	276
5.3	Regulace energetických jaderných reaktorů	281
5.3.1	Účel regulace reaktoru	281
5.3.2	Vliv teploty na reaktivitu reaktoru	281
5.3.3	Otrava aktivní zóny reaktoru	282
5.3.4	Vyhořívání paliva	283
5.3.5	Perioda reaktoru a význam zpožděných neutronů	283
5.3.6	Regulace výkonu jaderného reaktoru. Spouštění reaktoru	284
5.4	Materiály energetických jaderných reaktorů	288
5.4.1	Rozdělení materiálů a sledované vlastnosti	288
5.4.2	Účinky reaktorového záření na materiály	288
5.4.3	Koroze v jaderných reaktorech	289
5.4.4	Paliva pro jaderné energetické reaktory, palivové články	290
5.4.5	Moderátory a reflektory	295
5.4.6	Chladiva	296
5.4.7	Konstrukční materiály	297
5.4.8	Materiály stínění reaktoru	300
5.5	Základní typy energetických jaderných reaktorů	300
5.5.1	Rozdělení energetických jaderných reaktorů	300
5.5.2	Stručný popis základních typů energetických jaderných reaktorů	301
5.5.2.1	Grafitem moderované a plynem chlazené reaktory	301
5.5.2.2	Grafitem moderované a vodou chlazené reaktory	303
5.5.2.3	Tlakovodní reaktory	304
5.5.2.4	Varné reaktory	809
5.5.2.5	Těžkovodní reaktory	309
5.5.2.6	Rychlé množivé reaktory	310
5.6	Jaderná bezpečnost	314
5.6.1	Základní zásady bezpečného provozu jaderných elektráren	314
5.6.2	Ochranné bariéry	315
5.6.3	Kontejmentový ochranný systém	316
5.6.4	Havarijní dochlazování reaktoru	319
5.6.5	Radiační ochrana personálu a okolí	320

5.7	Dispoziční uspořádání jaderných elektráren	321
5.8	Umístění jaderných elektráren	332
6	ZÁSBOVÁNÍ ELEKTRÁRNY CHLADICÍ VODOU	334
6.1	Potřeba a spotřeba vody v elektrárnách a teplárnách	334
6.2	Zdroje chladicí vody	336
6.3	Průtočné chlazení, jímání a čerpání vody	337
6.4	Výparné chladiče	342
6.5	Suché a kombinované chladiče	347
6.6	Využití tepla odvedeného z kondenzátoru	350
7	PALIVOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ ELEKTRÁREN, ODSTRUSKOVÁNÍ A OD- POPÍLKOVÁNÍ	352
7.1	Úkoly palivového hospodářství a základní schéma uspořádání	352
7.2	Vykládka uhlí z vagónů	354
7.3	Skládka uhlí	356
7.4	Doprava uhlí do kotelny	357
7.5	Zásobníky uhlí v kotelně	360
7.6	Popis některých uhelných hospodářství	361
7.7	Skladování tekutých paliv	366
7.8	Palivové hospodářství jaderných elektráren	367
7.9	Odstruskování a odpopílkování	368
7.9.1	Množství tuhých zbytků, jejich druhy a využití	368
7.9.2	Hydraulická doprava tuhých zbytků	370
7.9.3	Mechanické odstruskovací a odpopílkovací zařízení	371
7.9.4	Pneumatické odstruskování a odpopílkování	372
8	ÚPRAVA VODY A VODNÍ REŽIM TEPelnÉ CENTRÁLY	374
8.1	Účinek příměsí vody v pracovním okruhu	374
8.2	Požadavky na složení vody	375
8.2.1	Požadavky na složení napájecí a kotelní vody	375
8.2.2	Voda u horkovodních okruhů	378
8.2.3	Kondenzát u tepláren	379
8.2.4	Turbinový kondenzát	379
8.2.5	Chladicí voda	380
8.3	Základní technologické procesy úpravy vody	381
8.3.1	Předúprava vody	381
8.3.2	Úprava vody měničemi iontů	383
8.3.3	Tepelná úprava vody	385
8.4	Odvádění příměsí z pracovního okruhu	385
9	VLASTNÍ SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE	388
9.1	Členění a velikost vlastní spotřeby	388
9.2	Stupeň důležitosti dodávky elektřiny	390
9.3	Volba napětí vlastní spotřeby	391
9.4	Volba a provedení elektromotorů	392
9.5	Volba zdrojů vlastní spotřeby	392
9.5.1	Velikost zdrojů	392
9.5.2	Volba hlavních zdrojů vlastní spotřeby	393
9.5.3	Volba rezervních zdrojů vlastní spotřeby	395
9.6	Sestavování schémat vlastní spotřeby	396
9.7	Zajištění vlastní spotřeby elektrické energie v jaderných elektrárnách	397
10	POTRUBÍ A ARMATURY V TEPelnÝCH ELEKTRÁRNÁCH	399
10.1	Typy potrubí a požadavky na ně kladené	399
10.2	Základní výpočet potrubí	402
10.2.1	Hydraulický výpočet potrubí	402
10.2.2	Tloušťka stěny trubek	404
10.2.3	Navrhování potrubí pracujícího za vysokých teplot	405
10.3	Dilatace a kompenzace potrubí	407
10.4	Armatury z hlediska jejich použití v tepelných elektrárnách	409
11	REGULACE, AUTOMATIZACE A ŘÍZENÍ PROVOZU ELEKTRÁREN	412
11.1	Požadavky na automatizaci tepelných elektráren a tepláren	412
11.2	Způsoby řízení tepelných elektráren	412

11.2.1	Decentralizované řízení	412
11.2.2	Centralizované řízení	413
11.3	Základní regulační okruhy parních kotlů a kotelního příslušenství	414
11.3.1	Regulace bubnových parních kotlů	414
11.3.2	Regulace průtočných kotlů	420
11.3.3	Regulace přípravy paliva	421
11.4	Regulace turbín	421
11.5	Řízení a regulace elektrárenských bloků	424
11.5.1	Řídicí systém	424
11.5.2	Informační systém	425
11.5.3	Zabezpečovací systém	426
11.6	Regulace jaderných elektráren	426
11.7	Řízení elektrizační soustavy	431
11.8	Použití měřicích ústředí a řídicích počítačů pro řízení technologických procesů v elektrárnách a teplárnách	432
12	URČENÍ LOKALITY VÝSTAVBY ENERGETICKÉ CENTRÁLY, CELKOVÝ SITUAČNÍ PLÁN, HLAVNÍ VÝROBNÍ OBJEKT	433
12.1	Určení lokality výstavby elektrárny nebo teplárny	433
12.2	Návrh situačního plánu	437
12.3	Hlavní výrobní objekt	444
12.3.1	Struktura a koncepce hlavního výrobního objektu	444
12.3.2	Požadavky na uspořádání hlavního výrobního objektu a možnosti jejich řešení	448
12.3.3	Příklady řešení hlavního výrobního objektu	449
13	STROJOVNA	462
13.1	Koncepční řešení strojovny	462
13.2	Kondenzace a pomocná zařízení	464
13.2.1	Kondenzace	464
13.2.2	Čerpadla na chladicí vodu	467
13.2.3	Kondenzátní čerpadla	468
13.2.4	Vývěvy	468
13.3	Strojovny elektráren a tepláren se spalovacími turbínami	472
13.4	Základy turbosoustrojí	476
13.5	Montáž turbosoustrojí	479
13.6	Provoz turbosoustrojí	480
14	KOTELNA	483
14.1	Celkové uspořádání kotelny	483
14.2	Zařízení k dopravě spalin a spalovacího vzduchu	486
14.2.1	Přirozený tah komína, provedení komínů	486
14.2.2	Vzduchové a sací ventilátory	489
14.2.3	Vzduchovody a spalinovody	492
14.3	Zařízení pro přípravu paliva ke spálení	493
14.3.1	Příprava uhelného prášku	493
14.3.2	Příprava kapalného a plynného paliva	500
14.4	Montáž parních kotlů	501
14.5	Poznámky k provozu kotelny	502
14.5.1	Provozní režimy kotlů	502
14.5.2	Ustálený provoz kotle	502
14.5.3	Spouštění a odstavení kotle	503
14.5.4	Zanášení, koroze, čištění a ochrana výhřevných ploch kotlů	504
14.6	Stavební, bezpečnostní a provozní předpisy pro kotelny	506
15	PROVOZ ELEKTRÁREN	508
15.1	Provozní režimy hlavních zařízení a bloků	508
15.2	Energetické (spotřební) charakteristiky	508
15.2.1	Energetické (spotřební) charakteristiky kondenzačních a protitlakových turbín	508
15.2.2	Spotřební (energetická) charakteristika (diagram) turbíny s jedním a se dvěma regulovanými odběry	512
15.2.3	Provoz kotlů za změnších podmínek	515
15.2.4	Energetické charakteristiky elektrárenských bloků	517
15.3	Rozdělování zatížení mezi paralelně pracující agregáty, bloky a elektrárny	518
15.4	Provozní režimy agregátů a bloků	520
15.4.1	Spouštění agregátů a bloků	520

15.4.2	Provoz při zatížení	521
15.4.3	Odstavení agregátů a bloků	522
15.4.4	Odstavení agregátů a bloků do rezervy	522
15.5	Spouštěcí schémata energetických bloků	523
15.6	Spolehlivost provozu tepelných elektráren a tepláren	526
15.7	Plánování a organizace oprav	530
16	EXHALACE ELEKTRÁREN A ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ	533
16.1	Druhy škodlivin, jejich působení a množství vznikající při provozu elektráren	533
16.2	Prostředky ke snížení množství škodlivin v ovzduší	536
16.2.1	Snížení produkce škodlivých exhalací	536
16.2.2	Zachycování škodlivin přímo u zdroje	536
16.2.3	Rozptýl škodlivin v atmosféře	536
16.2.4	Administrativní opatření	537
16.3	Odlučování popílku ze spalin	537
16.3.1	Odlučování popílku u kotlů s roštovým ohništěm	538
16.3.2	Odlučování popílku u kotlů se spalováním prášku	539
16.4	Zmenšení obsahu SO ₂ ve spalinách	540
16.5	Rozptylování plyných exhalací	542
16.6	Rozptylování tuhých exhalací	549
17	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ ELEKTRÁREN A TEPLÁREN	550
17.1	Význam technicko-ekonomických výpočtů, volba optimální varianty, posuzování ekonomické efektivity investic	550
17.2	Výpočtové náklady	552
17.3	Zásady hodnocení efektivity investic podle platných předpisů	553
17.4	Číselník času	556
17.5	Náklady pevné a pohyblivé, náklady na pohotovost, měrné náklady, roční měrné náklady	557
17.6	Rozdělování nákladů na teplo a elektřinu v teplárnách	560
17.7	Některé technicko-ekonomické ukazatele elektráren, nákladové relace	563
18	ZVLÁŠTNÍ A PERSPEKTIVNÍ TYPY ELEKTRÁREN.	573
18.1	Elektrárny se spalovacími turbínami	573
18.2	Paroplynové elektrárny	577
18.3	Elektrárny s akumulací stlačeného vzduchu a s akumulací tepla	580
18.3.1	Význam akumulace energie	580
18.3.2	Elektrárny s akumulací stlačeného vzduchu	581
18.3.3	Elektrárny s akumulací tepla	583
18.4	Elektrárny s magnetohydrodynamickými generátory	592
18.5	Perspektivy využití termojaderné energie	595
	Literatura	598
	Rejstřík	604