

1	Soustavy jednotek – přepočty .....	23
2	Matematická statistika .....	41
3	Spolehlivost .....	55
4	Termodynamika .....	91
5	Elektrotechnika .....	121
6	Ekonomická efektivnost .....	149
7	Paliva a spalování .....	183
8	Kotle .....	221
9	Tepelné Turbíny .....	251
10	Tepelné Výměníky .....	275
11	Čerpadla, ventilátory .....	289
12	Technicko-hospodářské ukazatele parních výroben .....	299
13	Literatura .....	335

# OBSAH

## ENERGETICKÉ ZDROJE ČESKÉ REPUBLIKY V 21. STOLETÍ ..... 17

## 1 SOUSTAVY JEDNOTEK – PŘEPOČTY ..... 23

- 1.1 Metodika přepočtu hodnot  
veličin na jednotky jiné měrové soustavy ..... 25
- 1.2 Přepočet jednotek entalpie ..... 26
- 1.3 Přepočty jednotek měrné tepelné kapacity ..... 26
- 1.4 Přepočet libovolné veličiny spalin,  
vztažené na hmotnost nebo objem ..... 27
- 1.5 Měření tlaku páry v kotli a vakua v kondenzátoru ..... 29
- 1.6 Určení absolutního tlaku páry v kotli a v kondenzátoru ..... 30
- 1.7 Výpočet teploty směsi a objemový průtok spalin komínem ..... 31
- 1.8 Měření teploty páry ..... 32
- 1.9 Výpočet prodloužení ocelové tyče ..... 33
- 1.10 Určení hustoty a měrného objemu oxidu uhličitého ..... 33
- 1.11 Určení molové hmotnosti vzduchu  
a parciální tlaky zadaných objemových podílů složek ..... 34
- 1.12 Přepočet jednotek koncentrace emisí spalin  
elektrárenského bloku ..... 35
- 1.13 Přepočty vzájemných závislostí relativní  
a absolutní vlhkosti vzduchu ..... 38

## 2 MATEMATICKÁ STATISTIKA ..... 41

- 2.1 Určení střední hodnoty  
a směrodatné odchylky naměřených hodnot ..... 42

# 1

## SOUSTAVY JEDNOTEK – PŘEPOČTY

1.1	Metodika přepočtu hodnot veličin na jednotky jiné měrové soustavy .....	25
1.2	Přepočet jednotek entalpie .....	26
1.3	Přepočty jednotek měrné tepelné kapacity .....	26
1.4	Přepočet libovolné veličiny spalin, vztažené na hmotnost nebo objem .....	27
1.5	Měření tlaku páry v kotli a vakua v kondenzátoru .....	29
1.6	Určení absolutního tlaku páry v kotli a v kondenzátoru .....	30
1.7	Výpočet teploty směsi a objemový průtok spalin komínem .....	31
1.8	Měření teploty páry .....	32
1.9	Výpočet prodloužení ocelové tyče .....	33

---

1.10

**Určení hustoty a měrného objemu oxidu uhličitého ..... 33**

1.11

**Určení molové hmotnosti vzduchu  
a parciální tlaky zadaných objemových podílů složek ..... 34**

1.12

**Přepočet jednotek koncentrace  
emisí spalin elektrárenského bloku ..... 35**

1.13

**Přepočty vzájemných závislostí  
relativní a absolutní vlhkosti vzduchu ..... 38**

# 2

# MATEMATICKÁ STATISTIKA

- 2.1  
Určení střední hodnoty  
a směrodatné odchylky naměřených hodnot ..... 42
- 2.2  
Určení aritmetického průměru a směrodatné odchylky  
ze sledovaných dob života výrobků ..... 43
- 2.3  
Výpočet statistických charakteristik vzorků uhlí ..... 45
- 2.4  
Výpočet lineární regrese obsahu popela v uhlí na vodu,  
na výhřevnost, popele a vody na výhřevnost ..... 51

---

# **3 SPOLEHLIVOST**

- 3.1  
Výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu jednotek s aktivní zálohou ..... 57
- 3.2  
Výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu a střední doby provozu ..... 58
- 3.3  
Výpočet spolehlivostních ukazatelů pro jednotky s pasivní zálohou ..... 59
- 3.4  
Výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu systému s přepínačem ..... 61
- 3.5  
Výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu číslicového řídicího systému ..... 62
- 3.6  
Výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu napáječek ..... 64
- 3.7  
Výpočet součinitele pohotovosti a bezporuchovosti provozu napájecí stanice ..... 65
- 3.8  
Výpočet spolehlivostních charakteristik kotle při provozu různého počtu mlecích okruhů ..... 66

3.9	Určení pravděpodobnosti, že uhelné mlýny zajistí požadovaný provoz elektrárenského bloku .....	76
3.10	Výpočet pravděpodobnosti provozu pro blokový transformátor a vedení .....	77
3.11	Pravděpodobnost bezporuchového provozu dvou elektrárenských bloků .....	78
3.12	Pravděpodobnost přechodu elektrárenského bloku ze stavu opravy do provozuschopného stavu .....	80
3.13	Výpočet součinitele pohotovosti systému dvou bloků .....	81
3.14	Vytvoření spolehlivostního schéma elektrárenského bloku .....	82
3.15	Výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu systému, složeného z neobnovovaných prvků .....	84
3.16	Výpočet činitele zabezpečení provozu elektrizační soustavy .....	85
3.17	Ze zadaných spolehlivostních ukazatelů vypočítejte pravděpodobnost bezporuchového provozu .....	89

# 4

# TERMO- DYNAMIKA

4.1	Výpočet výsledné teploty směšováním dvou proudů vody .....	93
4.2	Výpočet změny objemu spalin při ochlazování .....	93
4.3	Výpočet vzniklého tepla v ložisku a potřebný průtok oleje pro chlazení .....	94
4.4	Výpočet tepelného výkonu parního kotle .....	95
4.5	Určení entalpie a objemu páry .....	96
4.6	Určení entalpie mokré páry .....	97
4.7	Určení stavu vodní páry .....	97
4.8	Stanovit entalpii, objem, suchost páry a teplotu po expanzi .....	98
4.9	Výpočet výrobního tepla vodní páry .....	99
4.10	Určení stavu páry po adiabatické expanzi .....	99



4.11	Výpočet množství páry získané škrcením .....	100
4.12	Výpočet hmotnostního průtoku vody pro regulaci teploty páry vstřikem .....	100
4.13	Určení hmotnostního průtoku vstřikované vody pro získání redukované páry s požadovanými parametry .....	101
4.14	Výpočet teoretické tepelné účinnosti parního zařízení .....	102
4.15	Tepelná účinnost ideálního pochodu při změnách vstupního tlaku .....	103
4.16	Výpočet tepelné účinnosti ideálního pochodu .....	104
4.17	Výpočet provozních ukazatelů protitlakého turbosoustrojí .....	105
4.18	Omezení nevhodného škrcení páry v redukčních stanicích (točivá redukce páry) .....	107
4.19	Energetická a exergická bilance NTO .....	110
4.20	Korekce změřeného průtoku průtokoměrem .....	112
4.21	Porovnání energetické a exergetické bilance a účinnosti elektrárenského bloku .....	113

# 5

# ELEKTRO- TECHNIKA

5.1	Operátor natočení fází .....	123
5.2	Výpočet maximálních a efektivních hodnot proudu a napětí .....	124
5.3	Výpočet zdánlivého výkonu v jednotlivých fázích trojfázového obvodu .....	125
5.4	Výpočet rezistancí v elektrickém obvodu .....	127
5.5	Výpočet admitance a impedance v elektrickém obvodu s rezistancemi a indukčnostmi .....	127
5.6	Výpočet admitance a impedance v elektrickém obvodu s kapacitami .....	128
5.7	Výpočet výkonu a proudu jednofázového spotřebiče .....	129
5.8	Výpočet proudu trojfázového motoru .....	129
5.9	Výpočet příkonu elektrického ohříváče vody .....	130

---

5.10	Výpočet úbytku napětí na vodiči v rozvodu nn .....	131
5.11	Napětí na rozvaděči vn .....	132
5.12	Výpočet napětí na přípojnicích rozvaděče .....	133
5.13	Přepočet impedance s ohledem na převod transformátoru .....	134
5.14	Náhradní schéma trojfázového dvojvinutového transformátoru .....	136
5.15	Náhradní schéma trojvinutového transformátoru .....	137
5.16	Řešení zkratových poměrů, návrh vypínačů a napět'ové poměry při rozběhu asynchronního motoru ...	139
5.17	Samonajíždění skupiny elektromotorů .....	145

# 6

# EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST

- 6.1  
Porovnání dvou variant  
organizace výstavby energetického zdroje ..... 151
- 6.2  
Ekonomické posouzení instalace nového  
řídícího systému pro technologické zařízení..... 152
- 6.3  
Posouzení reálnosti financování  
výstavby paroplynového bloku ..... 153
- 6.4  
Volba typu plynové turbíny ..... 155
- 6.5  
Určení teplotenského  
součinitele paroplynové teplárny ..... 157
- 6.6  
Posouzení podmínek vhodnosti použití  
paroplynového zařízení nebo klasického parního oběhu  
s fluidním kotlem ..... 161
- 6.7  
Posouzení vlivu dvousložkové ceny elektřiny  
na zisk za dodávku elektřiny ..... 165

2.2	Určení aritmetického průměru a směrodatné odchylky ze sledovaných dob života výrobků .....	43
2.3	Výpočet statistických charakteristik vzorků uhlí.....	45
2.4	Výpočet lineární regrese obsahu popela v uhlí na vodu, na výhřevnost, popele a vody na výhřevnost .....	51
<b>3</b>	<b>SPOLEHLIVOST .....</b>	<b>55</b>
3.1	Výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu jednotek s aktivní zálohou .....	57
3.2	Výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu a střední doby provozu .....	58
3.3	Výpočet spolehlivostních ukazatelů pro jednotky s pasivní zálohou .....	59
3.4	Výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu systému s přepínačem .....	61
3.5	Výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu číslicového řídicího systému .....	62
3.6	Výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu napáječek.....	64
3.7	Výpočet součinitele pohotovosti a bezporuchovosti provozu napájecí stanice .....	65
3.8	Výpočet spolehlivostních charakteristik kotle při provozu různého počtu mlecích okruhů.....	66
3.9	Určení pravděpodobnosti, že uhelné mlýny zajistí požadovaný provoz elektrárenského bloku .....	76
3.10	Výpočet pravděpodobnosti provozu pro blokový transformátor a vedení .....	77
3.11	Pravděpodobnost bezporuchového provozu dvou elektrárenských bloků .....	78

6.8

**Ekonomické posouzení varianty obnovy  
kondenzačního uhelného bloku s novým uhelným  
a paroplynovým blokem ..... 166**

6.9

**Optimální návrh teplárny s motorovou kogenerací ..... 172**

6.10

**Vypočtete hlavní ekonomické charakteristiky  
kondenzačního bloku s fluidním kotlem na hnědé uhlí.  
Rozbor proved'te z hlediska projektanta ..... 177**

# 7

# PALIVA A SPALOVÁNÍ

- 7.1 Výpočet výhřevnosti z prvkového rozboru paliva ..... 185
- 7.2 Výpočet spalného tepla a výhřevnosti hnědého uhlí ..... 186
- 7.3 Výpočet výhřevnosti paliva pro zadané  $Q_v$ ,  $W^r$ ,  $H$  ..... 186
- 7.4 Výpočet výhřevnosti a obsahu popela po vysušení uhlí ..... 187
- 7.5 Změna hmotnosti uhlí  
na skládce vlivem povětrnostních změn ..... 188
- 7.6 Změna kvalitativních znaků uhlí  
vlivem atmosférických srážek při jeho dopravě ..... 189
- 7.7 Posouzení kvalitativních ukazatelů dvou druhů uhlí ..... 190
- 7.8 Určení výhřevnosti a spalného tepla mazutu ..... 193
- 7.9 Výpočet výhřevnosti zemního plynu  
pro zadané složení ..... 194

7.10

**Výpočet kvalitativních charakteristik uhlí  
z jeho prvkového složení..... 194**

7.11

**Určení teoretické teploty nechlazeného plamene ..... 200**

7.12

**Výpočet výhřevnosti směsi paliva ..... 203**

7.13

**Výpočet hospodárného provozu  
granulačního práškového kotle s přehříváním páry ..... 204**

7.14

**Výpočet hospodárného provozu fluidního kotle  
s cirkulující vířivou vrstvou a přímým odsířením ..... 212**

7.15

**Výpočet spalování zemního plynu a účinnost kotle ..... 218**



# 8

# KOTLE

8.1	Výpočet granulačního ohniště.....	222
8.2	Bilance tlakových výhřevných ploch .....	224
8.3	Výpočet ohříváku vzduchu .....	228
8.4	Výpočet ohříváku vody .....	231
8.5	Návrh svazkového přehříváku páry .....	234
8.6	Účinnost kotle .....	238
8.7	Využití odluhu z bubnového kotle .....	239
8.8	Vliv technologických proměnných na ztrátu citelným teplem spalin (komínovou ztrátu) a spotřebu elektřiny ventilátorů .....	242
8.9	Těsnost spalinového traktu kotle .....	247

# 9

# TEPELNÉ TURBÍNY

9.1	Tepelný oběh turbíny s regulovaným odběrem páry .....	252
9.2	Výpočet hmotnostního průtoku chladicí vody a chladicí poměr kondenzátoru turbíny .....	254
9.3	Hmotnostní průtok páry kondenzační turbíny s neregulovanými odběry .....	255
9.4	Parní kondenzační oběh s nízkotlakými regeneračními ohříváky .....	256
9.5	Kondenzační turbína s regulací škrcením a skupinovou .....	262
9.6	Nastavení součinitele nerovnoměrnosti regulátorů otáček turbíny .....	265
9.7	Určení statické charakteristiky výrobního systému paralelně pracujících jednotek .....	267
9.8	Otevřený oběh plynové turbíny .....	268
9.9	Tepelná bilance plynové turbíny .....	271

# 10

# TEPELNÉ VÝMĚNÍKY

10.1	Ztráty tepla a určení teploty vnějšího povrchu izolované trubky .....	277
10.2	Hustota tepelného toku rovinnou stěnou .....	278
10.3	Závislost ztráty exergie na teplotách látek, protékajících výměníkem .....	279
10.4	Průchod tepla rovinnou cihlovou stěnou .....	281
10.5	Tepelné ztráty potrubí v závislosti na materiálu izolačních vrstev .....	281
10.6	Snížení tepelného toku trubky vnějšími nánosy .....	283
10.7	Ztráty neizolovaného a izolovaného potrubí .....	283
10.8	Ohřev napájecí vody v NTO .....	284

---

10.9

**Hmotnostní průtok napájecí vody,  
topné páry a ohřátí napájecí vody v odplyňovači ..... 285**

10.10

**Určení velikosti  
výhřevné plochy ohříváku vody pro různé varianty ..... 287**

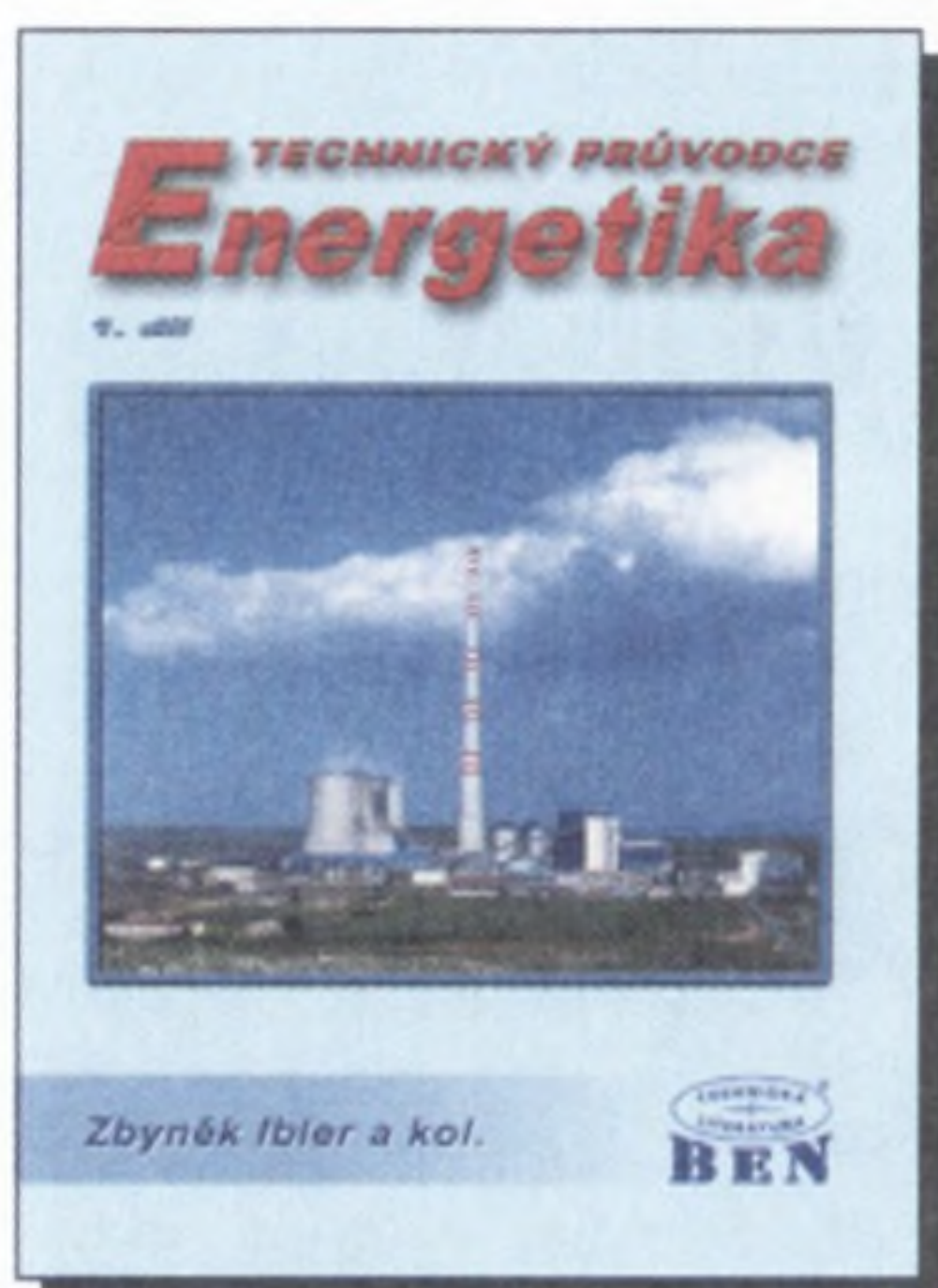
# 12

## TECHNICKO- HOSPODÁŘSKÉ

### UKAZATELE PARNÍCH VÝROBEN

- 12.1  
Spotřební charakteristika horkovodního kotle ..... 301
- 12.2  
Charakteristika parního kotle 1600 [t/h] ..... 303
- 12.3  
Sestrojení spotřební charakteristiky  
ze čtyř měřených dvojic P, Q ..... 306
- 12.4  
Spotřební charakteristika  
vyrovnaná třemi přímkovými úseky ..... 307
- 12.5  
Přibližné řešení spotřební charakteristiky  
elektrárenského bloku ..... 309
- 12.6  
Výpočet spotřeby tepla bloku 200 MW, spotřební  
charakteristiky a poměrného přírůstku spotřeby ..... 311
- 12.7  
Výpočet měrné spotřeby páry  
elektrárenského bloku s přehříváním páry ..... 314
- 12.8  
Výpočet celkové a dílčích účinností  
elektrárenského bloku, měrné spotřeby energie  
na vyrobenou a dodanou elektřinu ..... 315

12.9	<b>Vliv dominantních ukazatelů na celkovou ekonomickou efektivnost kondenzačního elektrárenského bloku .....</b>	<b>318</b>
12.10	<b>Výpočet technicko-hospodářských ukazatelů elektrárenského bloku .....</b>	<b>322</b>
12.11	<b>Výpočet spotřeby paliva a měrné spotřeby energie na výrobu a dodávku elektřiny .....</b>	<b>323</b>
12.12	<b>Optimální rozdělení výkonu dvou spolupracujících elektrárenských bloků (řešení nevybočuje z regulačního rozsahu bloků) .....</b>	<b>324</b>
12.13	<b>Optimální rozdělení činných výkonů při paralelní spolupráci jednotek pro požadované zatížení (řešení, kdy při optimalizaci vybočuje výkon některého bloku z regulačního rozsahu) .....</b>	<b>326</b>
12.14	<b>Rozdělení výkonu tří paralelně pracujících jednotek.....</b>	<b>327</b>
12.15	<b>Instalace mikroturbíny v blokové plynové výtopně .....</b>	<b>330</b>



616 stran B5  
Zbyněk Ibler a kol.  
vyšlo v dubnu 2002  
obj. číslo 121061  
MC 888 Kč

## Technický průvodce energetika, 1. díl

Publikace obsahuje souhrn důležitých informací z oblasti elektrárenství a teplárenství, potřebných pro pracovníky energetiky a energetického strojírenství při řešení úkolů v předprojektové přípravě, stavbě, provozu a modernizaci energetických zařízení. Informace jsou využitelné pro úspěšné naplňování ustanovení nových zákonů ČR o hospodaření energií a energetického zákona.

Informace a postupy řešení jsou zpracovány z pozice základních požadavků fyziky, chemie, elektroenergetického inženýrství a současného stavu znalostí v této oblasti u nás a v zahraničí.

Ve všeobecné části jsou popsány důležité disciplíny – potřebné a často užívané v energetice tj. statistika, teorie chyb, spolehlivost, termodynamika, elektrotechnika, regulace technologických procesů a metody posuzování ekonomické efektivity.

Další část se zabývá kvalitativními znaky pracovních médií elektrárenských a teplárenských oběhů, konstrukčními a provozními materiály, informacemi o vybraných technologických zařízeních (kotle, turbíny, tepelné výměníky, elektrická zařízení, dopravní zařízení, čerpadla, ventilátory, chemická úprava vody a zařízení pro omezení emisí škodlivin do životního prostředí) a jejich pracovních charakteristikách, metodami a modely pro optimální řízení provozu.

Průvodce pojednává i o provozu elektrárenských a teplárenských výrobních jednotek, přenosu a rozvodu elektrické energie v elektrizační soustavě (včetně mezinárodní spolupráce) a teplofikačních soustavách.

### Stručný obsah knihy

- |     |                            |     |   |
|-----|----------------------------|-----|---|
| 1.  | Všeobecná část             | 12. | Dopravní zařízení   |
| 2.  | Konstrukční materiály      | 13. | Čerpadla  |
| 3.  | Termodynamika par          | 14. | Doprava vzduchu a spalin  |
| 4.  | Plyny                      | 15. | Chemická úprava vody  |
| 5.  | Paliva                     | 16. | Odsiřovací zařízení   |
| 6.  | Spalování                  | 17. | Snižování emisí NOx   |
| 7.  | Kotle                      | 18. | Odlučování tuhých zbytků po spalování fosilních paliv                           |
| 8.  | Tepelné turbíny            | 19. | Provoz tepelných elektráren v elektrizační soustavě a teplofikačních soustavách |
| 9.  | Tepelné výměníky           |     |   |
| 10. | Koroze a eroze             |     |   |
| 11. | Elektrická část elektráren |     |   |

3.12	Pravděpodobnost přechodu elektrárenského bloku ze stavu opravy do provozuschopného stavu .....	80
3.13	Výpočet součinitele pohotovosti systému dvou bloků .....	81
3.14	Vytvoření spolehlivostního schéma elektrárenského bloku .....	82
3.15	Výpočet pravděpodobnosti bezporuchového provozu systému, složeného z neobnovovaných prvků .....	84
3.16	Výpočet činitele zabezpečení provozu elektrizační soustavy ..	85
3.17	Ze zadaných spolehlivostních ukazatelů vypočítejte pravděpodobnost bezporuchového provozu .....	89
4	<b>TERMODYNAMIKA .....</b>	<b>91</b>
4.1	Výpočet výsledné teploty směřováním dvou proudů vody .....	93
4.2	Výpočet změny objemu spalin při ochlazování .....	93
4.3	Výpočet vzniklého tepla v ložisku a potřebný průtok oleje pro chlazení .....	94
4.4	Výpočet tepelného výkonu parního kotle .....	95
4.5	Určení entalpie a objemu páry .....	96
4.6	Určení entalpie mokré páry .....	97
4.7	Určení stavu vodní páry .....	97
4.8	Stanovit entalpii, objem, suchost páry a teplotu po expanzi .....	98
4.9	Výpočet výrobního tepla vodní páry .....	99
4.10	Určení stavu páry po adiabatické expanzi .....	99
4.11	Výpočet množství páry získané škrcením .....	100
4.12	Výpočet hmotnostního průtoku vody pro regulaci teploty páry vstřikem .....	100
4.13	Určení hmotnostního průtoku vstřikované vody pro získání redukované páry s požadovanými parametry .....	101



## Podrobný obsah knihy „Technický průvodce energetika, 1. díl“:

<b>1. Všeobecná část</b>	11.2	Transformátory
1.1 Soustavy jednotek	11.3	Elektrické stanice
1.2 Matematická statistika	11.4	Elektrická vedení v elektrické části elektráren
1.3 Vyrovnávací počet	<b>12. Dopravní zařízení</b>	
1.4 Spolehlivost	12.1	Jeřáby
1.5 Termodynamika	12.2	Dopravníky
1.6 Elektrotechnika	12.3	Překládací zařízení
1.7 Ekonomická efektivnost	12.4	Potrubi doprava tuhých materiálů
1.8 Regulace technologických procesů	<b>13. Čerpadla</b>	
<b>2. Konstrukční materiály</b>	13.1	Energetická bilance čerpacích zařízení
2.1 Kritéria jakosti konstrukčních materiálů	13.2	Hydrodynamická čerpadla
2.2 Vlastnosti ocelí	13.3	Charakteristika hydrodynamického čerpadla
2.3 Keramické žáruvzdorné materiály	13.4	Provoz hydrodynamických čerpadel
<b>3. Termodynamika par</b>	13.5	Čerpadla pro elektrárny a teplárny spalující fosilní paliva
3.1 Vodní páry	<b>14. Doprava vzduchu a spalin</b>	
3.2 Tabulky syté vody a syté páry	14.1	Přirozený tah
3.3 Tabulky přehřáté vodní páry	14.2	Ventilátory
3.4 Elektrárenské bloky v ČR	15.	Chemická úprava vody
<b>4. Plyny</b>	15.1	Periodická soustava prvků
4.1 Vzduch	15.2	Vybrané ekvivalenty
4.2 Spaliny z ohnišť kotlů	15.3	Tvrdość vody
4.3 Rosný bod	15.4	Požadavky na kvalitu vody a páry tepelných elektráren, spalujících fosilní paliva
<b>5. Paliva</b>	15.5	Kyslíkový vodní režim
5.1 Tuhá paliva	15.6	Chladicí voda
5.2 Kapalná paliva	15.7	Kontrola chemického režimu
5.3 Plynná paliva	<b>16. Odsiřovací zařízení</b>	
<b>6. Spalování</b>	16.1	Metody odsiřování
6.1 Stechiometrické spalovací rovnice	16.2	Požadavky na sorbent
6.2 Přibližný výpočet spotřeby spalovacího vzduchu a objemu vzniklých spalin při dokonalém spalování	16.3	Výpočet spotřeby sorbentu
6.3 Orientační hodnoty objemů vzduchu a spalin pro paliva spalovaná v ČR	16.4	Produkty odsiřování
6.4 Přepočty objemů spalovacího vzduchu a spalin	<b>17. Snižování emisí NOx</b>	
6.5 Emise při spalování fosilních paliv	17.1	Mechanismy vzniku NOx
6.6 Emisní limity k zákonu č.309/91 Sb.	17.2	Výpočet produkce NOx
6.7 Kontrola jakosti spalovacích režimů	17.3	Primární opatření uskutečnitelná řízením spalovacího procesu
<b>7. Kotle</b>	17.4	Sekundární opatření ke snížení produkce NOx
7.1 Základní charakteristické veličiny kotlů	<b>18. Odlučování tuhých zbytků po spalování fosilních paliv</b>	
7.2 Tepelný výpočet kotle	18.1	Třídění odlučovačů
7.3 Hydraulický výpočet kotle	18.2	Vlastnosti odlučovacích zařízení
7.4 Aerodynamický výpočet kotle	18.3	Některé provozní vlastnosti nejpoužívanějších odlučovačů v energetických výrobnách
<b>8. Tepelné turbíny</b>	18.4	Hodnocení odlučovačů
8.1 Typy turbín	18.5	Využití a ukládání tuhých zbytků po spalování
8.2 Princip funkce	<b>19. Provoz tepelných elektráren v elektrizační soustavě a teplofikačních soustavách</b>	
8.3 Energetická bilance parní turbíny	19.1	Základní pojmy výkonu, práce a účinnosti energetických zařízení
8.4 Chladicí systémy kondenzačních turbín	19.2	Charakteristické diagramy
8.5 Plynové turbíny	19.3	Spotřební a nákladové charakteristiky energetických zařízení
<b>9. Tepelné výměníky</b>	19.4	Optimalizace provozu bloků v elektrizační soustavě
9.1 Druhy tepelných výměníků	19.5	Optimalizace provozu výrobních jednotek v teplofikační soustavě
9.2 Sdílení tepla		
9.3 Tepelný výpočet výměníků		
<b>10. Koroze a eroze</b>		
10.1 Koroze		
10.2 Eroze		
<b>11. Elektrická část elektráren</b>		
11.1 Alternátory		

4.14	Výpočet teoretické tepelné účinnosti parního zařízení .....	102
4.15	Tepelná účinnost ideálního pochodu při změnách vstupního tlaku .....	103
4.16	Výpočet tepelné účinnosti ideálního pochodu .....	104
4.17	Výpočet provozních ukazatelů protitlakého turbosoustrojí ....	105
4.18	Omezení nevhodného škrcení páry v redukčních stanicích (točivá redukce páry) .....	107
4.19	Energetická a exergická bilance NTO .....	110
4.20	Korekce změřeného průtoku průtokoměrem .....	112
4.21	Porovnání energetické a exergetické bilance a účinnosti elektrárenského bloku .....	113
<b>5</b>	<b>ELEKTROTECHNIKA .....</b>	<b>121</b>
5.1	Operátor natočení fází .....	123
5.2	Výpočet maximálních a efektivních hodnot proudu a napětí .....	124
5.3	Výpočet zdánlivého výkonu v jednotlivých fázích trojfázového obvodu .....	125
5.4	Výpočet rezistancí v elektrickém obvodu .....	127
5.5	Výpočet admitance a impedance v elektrickém obvodu s rezistancemi a indukčnostmi .....	127
5.6	Výpočet admitance a impedance v elektrickém obvodu s kapacitami .....	128
5.7	Výpočet výkonu a proudu jednofázového spotřebiče .....	129
5.8	Výpočet proudu trojfázového motoru .....	129
5.9	Výpočet příkonu elektrického ohříváče vody .....	130
5.10	Výpočet úbytku napětí na vodiči v rozvodu nn .....	131
5.11	Napětí na rozvaděči vn .....	132

5.12	Výpočet napětí na přípojnicích rozvaděče .....	133
5.13	Přepočet impedance s ohledem na převod transformátoru ....	134
5.14	Náhradní schéma trojfázového dvojvinut'ového transformátoru .....	136
5.15	Náhradní schéma trojvinut'ového transformátoru .....	137
5.16	Řešení zkratových poměrů, návrh vypínačů a napět'ové poměry při rozběhu asynchronního motoru .....	139
5.17	Samonajždění skupiny elektromotorů .....	145
6	<b>EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST</b> .....	149
6.1	Porovnání dvou variant organizace výstavby energetického zdroje .....	151
6.2	Ekonomické posouzení instalace nového řídícího systému pro technologické zařízení .....	152
6.3	Posouzení reálnosti financování výstavby paroplynového bloku .....	153
6.4	Volba typu plynové turbíny .....	155
6.5	Určení teplotenského součinitele paroplynové teplárny .....	157
6.6	Posouzení podmínek vhodnosti použití paroplynového zařízení nebo klasického parního oběhu s fluidním kotlem ....	161
6.7	Posouzení vlivu dvousložkové ceny elektřiny na zisk za dodávku elektřiny .....	165
6.8	Ekonomické posouzení varianty obnovy kondenzačního uhelného bloku s novým uhelným a paroplynovým blokem ...	166
6.9	Optimální návrh teplárny s motorovou kogenerací .....	172
6.10	Vypočtete hlavní ekonomické charakteristiky kondenzačního bloku s fluidním kotlem na hnědé uhlí. Rozbor proved'te z hlediska projektanta .....	177

<b>7</b>	<b>PALIVA A SPALOVÁNÍ .....</b>	<b>183</b>
7.1	Výpočet výhřevnosti z prvkového rozboru paliva .....	185
7.2	Výpočet spalného tepla a výhřevnosti hnědého uhlí .....	186
7.3	Výpočet výhřevnosti paliva pro zadané $Q_v$ , $W^r$ , $H^r$ .....	186
7.4	Výpočet výhřevnosti a obsahu popela pro vysušení uhlí .....	187
7.5	Změna hmotnosti uhlí na skládce vlivem povětrnostních změn ..	188
7.6	Změna kvalitativních znaků uhlí vlivem atmosférických srážek při jeho dopravě .....	189
7.7	Posouzení kvalitativních ukazatelů dvou druhů uhlí .....	190
7.8	Určení výhřevnosti a spalného tepla mazutu .....	193
7.9	Výpočet výhřevnosti zemního plynu pro zadané složení .....	194
7.10	Výpočet kvalitativních charakteristik uhlí z jeho prvkového složení .....	194
7.11	Určení teoretické teploty nechlazeného plamene .....	200
7.12	Výpočet výhřevnosti směsi paliva .....	203
7.13	Výpočet hospodárného provozu granulačního práškového kotle s přehříváním páry .....	204
7.14	Výpočet hospodárného provozu fluidního kotle s cirkulující vířivou vrstvou a přímým odsířením .....	212
7.15	Výpočet spalování zemního plynu a účinnost kotle .....	218
<b>8</b>	<b>KOTLE .....</b>	<b>221</b>
8.1	Výpočet granulačního ohniště .....	222
8.2	Bilance tlakových výhřevných ploch .....	224
8.3	Výpočet ohříváku vzduchu .....	228
8.4	Výpočet ohříváku vody .....	231
8.5	Návrh svazkového přehříváku páry .....	234

8.6	Účinnost kotle .....	238
8.7	Využití odluhu z bubnového kotle .....	239
8.8	Vliv technologických proměnných na ztrátu citelným teplem spalin (na komínovou ztrátu) a spotřebu elektřiny ventilátorů .....	242
8.9	Těsnost spalinového traktu kotle .....	247
9	<b>TEPELNÉ TURBÍNY</b> .....	251
9.1	Tepelný oběh turbíny s regulovaným odběrem páry .....	252
9.2	Výpočet hmotnostního průtoku chladicí vody a chladicí poměr kondenzátoru turbíny .....	254
9.3	Hmotnostní průtok páry kondenzační turbíny s neregulovanými odběry .....	255
9.4	Parní kondenzační oběh s nízkotlakými regeneračními ohříváky .....	256
9.5	Kondenzační turbína s regulací škrcením a skupinovou .....	262
9.6	Nastavení součinitele nerovnoměrnosti regulátorů otáček turbíny .....	265
9.7	Určení statické charakteristiky výrobního systému paralelně pracujících jednotek .....	267
9.8	Otevřený oběh plynové turbíny .....	268
9.9	Tepelná bilance plynové turbíny .....	271
10	<b>TEPELNÉ VÝMĚNÍKY</b> .....	275
10.1	Ztráty tepla a určení teploty vnějšího povrchu izolované trubky .....	277
10.2	Hustota tepelného toku rovinnou stěnou .....	278
10.3	Závislost ztráty exergie na teplotách látek, protékajících výměníkem .....	279
10.4	Průchod tepla rovinnou cihlovou stěnou .....	281

10.5	Tepelné ztráty potrubí v závislosti na materiálu izolačních vrstev .....	281
10.6	Snížení tepelného toku trubky vnějšími nánosy .....	283
10.7	Ztráty neizolovaného a izolovaného potrubí .....	283
10.8	Ohřev napájecí vody v NTO .....	284
10.9	Hmotnostní průtok napájecí vody, topné páry a ohřátí napájecí vody v odplyňovači.....	285
10.10	Určení velikosti výhřevné plochy ohříváku vody pro různé varianty .....	287
11	<b>ČERPADLA, VENTILÁTORY .....</b>	<b>289</b>
11.1	Výpočet charakteristik potrubí a čerpadla .....	290
11.2	Výpočet příkonu napájecího čerpadla elektrárenského bloku .....	292
11.3	Výpočet příkonu vzduchových ventilátorů kotle elektrárenského bloku .....	293
11.4	Výpočet příkonu spalinových ventilátorů kotle elektrárenského bloku .....	294
11.5	Porovnání pohonu napájecího čerpadla elektrárenského bloku parní turbínou a elektromotorem .....	296
12	<b>TECHNICKO-HOSPODÁŘSKÉ UKAZATELE PARNÍCH VÝROBEN .....</b>	<b>299</b>
12.1	Spotřební charakteristika horkovodního kotle .....	301
12.2	Charakteristika parního kotle 1600 [t/h] .....	303
12.3	Sestrojení spotřební charakteristiky ze čtyř měřených dvojic P, Q .....	306
12.4	Spotřební charakteristika vyrovnaná třemi přímkovými úseky .....	307

12.5	Přibližné řešení spotřební charakteristiky elektrárenského bloku .....	309
12.6	Výpočet spotřeby tepla bloku 200 MW, spotřební charakteristiky a poměrného přírůstku spotřeby .....	311
12.7	Výpočet měrné spotřeby páry elektrárenského bloku s přehříváním páry .....	314
12.8	Výpočet celkové a dílčích účinností elektrárenského bloku, měrné spotřeby energie na vyrobenou a dodanou elektřinu ...	315
12.9	Vliv dominantních ukazatelů na celkovou ekonomickou efektivnost kondenzačního elektrárenského bloku .....	318
12.10	Výpočet technicko-hospodářských ukazatelů elektrárenského bloku .....	322
12.11	Výpočet spotřeby paliva a měrné spotřeby energie na výrobu a dodávku elektřiny .....	323
12.12	Optimální rozdělení výkonu dvou spolupracujících elektrárenských bloků (řešení nevybočuje z regulačního rozsahu bloků) .....	324
12.13	Optimální rozdělení činných výkonů při paralelní spolupráci jednotek pro požadované zatížení (řešení, kdy při optimalizaci vybočuje výkon některého bloku z regulačního rozsahu) .....	326
12.14	Rozdělení výkonu tří paralelně pracujících jednotek .....	327
12.15	Instalace mikroturbíny v blokové plynové výtopně .....	330
13	LITERATURA .....	335
	PŘÍLOHA 1 – (TABULKY) .....	341
	PŘÍLOHA 2 – (TABULKY) .....	349
	PŘÍLOHA 3 – (TABULKY) .....	355