

Spis treści

Przedmowa 13

Spis podstawowych oznaczeń 17

1. ZASOBY PALIW I ENERGII 21

1.1. Rodzaje i postacie energii 21

1.2. Zasoby paliw 22

1.2.1. Węgiel kamienny i brunatny 23

1.2.2. Gaz ziemny i ropa naftowa 24

1.2.3. Paliwa rozszczepialne 25

1.2.4. Paliwa energii syntezy 26

1.2.5. zasoby energii rzek 26

1.2.6. Inne zasoby wód 27

1.2.7. Energia promieniowania elektromagnetycznego Słońca 28

1.2.8. Ogólna charakterystyka światowych i polskich zasobów biomasy energetycznej 31

1.2.9. Energia geotermalna 36

1.2.10. Energia wiatru 37

Literatura 38

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PALIW 39

2.1. Paliwa stałe 39

2.1.1. Węgiel 39

2.1.2. Biomasa 42

2.2. Paliwa ciekłe i gazowe 48

2.3. Wodór 55

Literatura 62

3. ENERGETYKA A ŚRODOWISKO 63

3.1. System energetyczny 63

3.2. Podsystem energetyczny 64

3.3. Oddziaływanie technologii energetycznych na środowisko. Rodzaje i miary emisji 70

Literatura 77

4. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PROCESÓW KONWERSJI ENERGII 78

4.1. Wprowadzenie 78

4.2. Obieg termodynamiczny. pojęcia sprawności 80

4.3. Zespół maszyn (urządzeń) przepływowych pracujących w układzie otwartym 85

4.4. Rodzaje obiegów silników turbinowych 88

Literatura 93

5. BILANSE SUBSTANCJI I ENERGII 94

5.1. Bilans substancji 94

5.2. Równanie zachowania energii 95

Literatura 99

6. SIŁOWNIE KONDENSACYJNE 100

6.1. Analiza parametryczna układów siłowni 100

6.1.1. Prosta siłownia kondensacyjna. definicje sprawności obiegu porównawczego 100

6.1.2. Entalpową analizę obiegów siłowni parowych 102

6.1.3. Entropową analizę obiegu siłowni parowej 106

6.1.4. Ewolucja obiegów siłowni parowych 108

6.2. Struktury technologiczne siłowni z paleniskami pyłowymi 134

6.2.1. Układ nawęglania 135

6.2.2. Elementy układu zasilania paliwem i układu odprowadzenia spalin (układ paliwo-powietrze-spaliny) 137

6.2.3. Urządzenia i elementy układu cieplnego 143

6.3. Kotły z paleniskami fluidalnymi 162

6.3.1. Klasyfikacja palenisk fluidalnych 162

6.3.2. Cyrkulacyjne kotły fluidalne 165

6.4. Ograniczenie emisji gazów z technologii energetycznych 168

- 6.4.1. Generacja tlenków azotu w procesie spalania 168
- 6.4.2. Ograniczenie emisji tlenków azotu z instalacji spalania 170
- 6.4.3. Ograniczanie emisji związków siarki 176
- 6.5. Modelowanie układów siłowni kondensacyjnych 180
- 6.6. Aktualny stan technologiczny bloków kondensacyjnych 189
 - 6.6.1. Wzrost sprawności 189
 - 6.6.2. Separacja ditlenku węgla 192

Literatura 199

7. STACJONARNE INSTALACJE TURBIN GAZOWYCH 201

- 7.1. Wprowadzenie 201
- 7.2. Klasyfikacja instalacji turbin gazowych 202
- 7.3. Prosta instalacja turbiny gazowej 203
 - 7.3.1. Metoda entalpowa 203
 - 7.3.2. Metoda entropowa 210
 - 7.3.3. Analiza obiegów standardowych turbin gazowych 212
- 7.4. Złożone układy turbin gazowych 220
 - 7.4.1. Instalacja z chłodzeniem w procesie sprężania i z podwójną komorą spalania 220
 - 7.4.2. Układ turbiny gazowej z regeneracją 223
 - 7.4.3. Instalacje turbin gazowych z wtryskiem wody i pary 225
- 7.5. Maszyny i urządzenia tworzące układ turbiny gazowej 226
 - 7.5.1. Sprężarki 228
 - 7.5.2. Komory spalania 232
 - 7.5.3. Turbiny 237
 - 7.5.4. Układy pomocnicze. inne moduły składowe 240
- 7.6. Podstawowe charakterystyki układów turbin gazowych 248
- 7.7. Klasyfikacja zespołów turbin gazowych. przegląd konstrukcji [10] 249
 - 7.7.1. Turbiny stacjonarne dużej i średniej mocy 249

7.7.2. Turbiny lotniczopochodne 252

7.7.3. Turbiny gazowe małej mocy 254

7.7.4. Turbiny wodorowe [11] 257

Literatura 258

8. HIERARCHICZNE UKŁADY ENERGETYCZNE 260

8.1. Układy gazowo-parowe 260

8.1.1. Podstawowe definicje i klasyfikacja 260

8.1.2. Sprawność energetyczna układu gazowo-parowego 263

8.1.3. Struktury technologiczne podstawowych układów gazowo-parowych 266

8.1.4. Modelowanie układów gazowo-parowych 272

8.1.5. Wybrane zagadnienia eksploatacyjne 278

8.2. Układy gazowo-parowe zintegrowane ze zgazowaniem węgla i innych substancji 285

8.2.1. Technologie zgazowania 285

8.2.2. Ogólna charakterystyka procesów oczyszczania gazu 289

8.2.3. Analiza parametryczna układów gazowo-parowych zintegrowanych ze zgazowaniem węgla 292

8.2.4. Przykłady instalacji 295

8.2.5. Kierunki rozwoju technologii 295

8.3. Inne układy hierarchiczne 298

8.3.1. Układy gazowo-powietrzne [13] 298

8.3.2. Układy wielopaliwowe 301

Literatura 307

9. SKOJARZONA PRODUKCJA CIEPŁA I ELEKTRYCZNOŚCI 309

9.1. Elektrociepłownie parowe 309

9.1.1. Układy technologiczne 309

9.1.2. Bilanse energetyczne i sprawności 311

9.2. Elektrociepłownie z turbiną gazową 316

9.2.1. Układy technologiczne i pojęcia sprawności 316

9.2.2. Wpływ dopalania 320

9.3. Elektrociepłownie gazowo-parowe 322

9.3.1. Bilanse energetyczne i sprawności 322

9.3.2. Stosunek mocy turbin i wskaźnik skojarzenia 326

9.4. Oszczędność energii chemicznej paliwa 329

9.5. Modelowanie elektrociepłowni gazowych i gazowo-parowych 330

Literatura 333

10. ENERGETYKA ATOMOWA 335

10.1. Podstawy fizyki reaktorów jądrowych 335

10.1.1. Atomy i nukleony 336

10.1.2. Defekt masy i energia wiązania 336

10.1.3. Reakcje jądrowe 337

10.1.4. Stopień rozpadu radioaktywnego 339

10.1.5. Reakcje neutronów z jądrami atomowymi 340

10.1.6. Cykl neutronowy. Reaktor krytyczny 345

10.2. Moc termiczna reaktora 349

10.3. Reaktory i siłownie energetyczne 351

10.3.1. Klasyfikacja reaktorów energetycznych 351

10.3.2. Układy jednokonturowe oraz reaktory kanałowe 352

10.3.3. Układy dwukonturowe 355

10.3.4. Układy trójkonturowe 359

10.3.5. Siłownie z reaktorami wysokotemperaturowymi 362

10.3.6. Sprawność energetyczna siłowni jądrowych 363

10.3.7. Parametry początkowe i końcowe w konturze turbinowym 365

10.3.8. Separacja wody i przegrzew międzystopniowy 367

10.4. Stan upowszechnienia poszczególnych rodzajów reaktorów 369

10.5. Odpady z elektrowni jądrowych 371

Literatura 373

11. SIŁOWNIE WIATROWE 374

11.1. Wprowadzenie 374

11.2. Charakterystyki kinematyczne i energetyczne wiatru 375

11.3. Istota działania turbin wiatrowych 380

11.3.1. Maksymalna moc turbiny wiatrowej 380

11.3.2. Związek między mocą turbiny a charakterystykami aerodynamicznymi płatów wirnika 384

11.4. Charakterystyki turbin wiatrowych 390

11.5. Konwersja energii mechanicznej w elektryczną. Układy elektryczne 396

11.6. Charakterystyki ekologiczne i niezawodnościowe 398

11.7. Współczesne turbiny wiatrowe dużej mocy 403

Literatura 405

12. ENERGETYKA SŁONECZNA 406

12.1. Podstawowe informacje z zakresu promieniowania cieplnego 406

12.1.1. Fotony i ich energia 406

12.1.2. Intensywność promieniowania. prawo Stefana-Boltzmann'a 407

12.1.3. Równanie stanu 409

12.1.4. Prawo Kirchhoffa 411

12.2. Maksymalny potencjał konwersji promieniowania w elektryczność i ciepło 414

12.3. Składowe natężenia promieniowania słonecznego 418

12.4. Bezpośrednia konwersja promieniowania elektromagnetycznego Słońca w ciepło 419

12.4.1. Rodzaje kolektorów słonecznych 419

12.4.2. Bilans energii i sprawność kolektora 421

12.4.3. Kolektory słoneczne w instalacjach produkcji ciepła 425

12.5. Elektrownie słoneczne 426

12.6. Ogniwa fotowoltaiczne 431

12.6.1. Wprowadzenie 431

- 12.6.2. Zasada działania ogniwa fotowoltaicznego 433
- 12.6.3. Ogólny opis konstrukcji ogniw 436
- 12.6.4. Charakterystyki ogniw fotowoltaicznych 437
- 12.6.5. Sprawność ogniwa fotowoltaicznego 442
- 12.6.6. Algorytm identyfikacji 5-parametrowej charakterystyki 442
- 12.6.7. Systemy (moduły) ogniw słonecznych 445
- 12.6.8. Zastosowanie ogniw fotowoltaicznych 447

Literatura 449

13. ENERGETYKA WODNA 451

- 13.1. Rodzaje elektrowni wodnych 451
- 13.2. Moc i energia generowana w elektrowni wodnej 452
- 13.3. Turbiny wodne 453
- 13.4. Funkcje elektrowni wodnych w podsystemie elektroenergetycznym i ich wpływ na środowisko naturalne 456
- 13.5. energetyka wodna w Polsce 458

Literatura 459

14. OGNIWA PALIWOWE 460

- 14.1. Ogólna klasyfikacja ogniw paliwowych 460
- 14.2. Istota działania ogniwa paliwowego 461
- 14.3. Bilans energii dla ogniwa [12] 463
- 14.4. Siła elektromotoryczna ogniwa 465
- 14.5. Zależność potencjału ogniwa od ciśnienia i temperatury 468
- 14.6. Ogólna charakterystyka strat potencjału w rzeczywistym ogniwie 469
- 14.7. Sprawność ogniwa paliwowego 471
- 14.8. Ogólna charakterystyka technologiczna stosowanych ogniw paliwowych 476
- 14.9. Energetyczne zastosowanie ogniw 485

Literatura 493

15. GEAENERGETYKA 496

- 15.1. Wykorzystanie energii gruntu do celów ogrzewania i przygotowania wody użytkowej 497
- 15.2. Układy pozyskiwania ciepła z wód geotermalnych 498
- 15.3. Układy kombinowane i elektrownie geotermalne 500
- 15.4. Wykorzystanie źródeł geotermalnych w Polsce 501

Literatura 502

16. TECHNOLOGIE ENERGETYCZNEGO WYKORZYSTANIA BIOMASY 503

- 16.1. Ogólna klasyfikacja technologii 503
- 16.2. Układy proste ze spalaniem biomasy 505
- 16.3. Współspalanie biomasy z innymi paliwami 511
- 16.4. Jedno- i wielopaliwowe układy ze spalaniem zewnętrznym biomasy 514
 - 16.4.1. Jednopaliwowe układy turbin gazowych ze spalaniem zewnętrznym biomasy 514
 - 16.4.2. Układy wielopaliwowe ze spalaniem zewnętrznym biomasy 516
- 16.5. Ogólna charakterystyka technologii zgazowania biomasy 516

Literatura 522