

Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń i jednostek 13

Przedmowa 17

Wstęp 19

1

Charakterystyka obecnego stanu środowiska 21

- 1.1. Wprowadzenie 21
 - 1.2. Energetyka konwencjonalna 23
 - 1.2.1. Paliwa naturalne, zasoby i prognozy zużycia 24
 - 1.3. Skazanie powietrza spalinami 28
 - 1.3.1. Składniki spalin i ich oddziaływanie na środowisko 28
 - 1.3.2. Skutki skażenia środowiska 32
 - 1.3.3. Wielkość emisji zanieczyszczeń 37
 - 1.3.4. Koszty środowiskowe 40
 - 1.4. Nowe trendy w energetyce konwencjonalnej 41
 - 1.4.1. Rodzaje siłowni 41
 - 1.4.2. Kierunki rozwoju energetyki konwencjonalnej 44
 - 1.4.3. Oczyszczanie spalin 52
 - 1.5. Energetyka jądrowa 54
 - 1.5.1. Wprowadzenie 54
 - 1.5.2. Promieniotwórczość 57
 - 1.5.3. Reakcje jądrowe 60
 - 1.5.4. Reaktory jądrowe 63
 - 1.5.5. Paliwo w reaktorach jądrowych 65
 - 1.5.6. Elektrownie jądrowe 65
 - 1.5.7. Kierunki rozwoju energetyki jądrowej 66
 - 1.6. Zalety i wady energetyki konwencjonalnej 68
 - 1.7. Charakterystyka działań zmierzających do zahamowania dalszej degradacji środowiska 68
- Bibliografia 69

2

Odnawialne źródła energii 72

- 2.1. Wprowadzenie 72
- 2.2. Rys historyczny 73

- 2.3. Podział źródeł energii 74
- 2.4. Charakterystyka pierwotnych odnawialnych źródeł energii 75
- 2.4.1. Energia słoneczna i jej zasoby 75
- 2.4.2. Energia geotermalna i jej zasoby 80
- 2.4.3. Energia oddziaływań grawitacyjnych i jej zasoby 80
- 2.5. Techniczne możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii 81
- 2.6. Plan działań Unii Europejskiej w dziedzinie energii ze źródeł odnawialnych 82
- 2.7. Prognozy rozwoju energii ze źródeł odnawialnych w Polsce 84
- 2.8. Polskie regulacje prawne w zakresie OZE 86
- 2.9. Podsumowanie 88
- Bibliografia 88

3

Energia wody 91

- 3.1. Wprowadzenie 91
- 3.1.1. Światowe zasoby wody 91
- 3.2. Hydroenergetyka 93
- 3.2.1. Historia wykorzystania energii mechanicznej wody 93
- 3.2.2. Potencjał hydroenergetyczny świata 93
- 3.2.3. Zasoby wodne Polski i ich hydroenergetyczny potencjał 96
- 3.2.4. Sposoby wykorzystania potencjału energetycznego wody 97
- 3.3. Podstawy teoretyczne 97
- 3.4. Duże elektrownie wodne 100
- 3.4.1. Typy dużych elektrowni wodnych 100
- 3.4.2. Elektrownie szczytowo-pompowe w Polsce 102
- 3.4.3. Zalety i wady dużej energetyki wodnej 103
- 3.5. Mała energetyka wodna (MEW) 104
- 3.5.1. Podział małej energetyki wodnej 104
- 3.5.2. Turbiny w MEW 105
- 3.5.3. Mała energetyka wodna w Polsce 107
- 3.5.4. Opłacalność budowy małych elektrowni wodnych 110
- 3.5.5. Regulacje prawne dotyczące MEW 112
- 3.5.6. Zalety MEW 112
- 3.6. Energia pływów 112
- 3.7. Energia fal 115
- 3.8. Energia prądów morskich 119
- 3.9. Energia dyfuzji 120
- 3.9.1. Metoda PRO 121
- 3.9.2. Metoda RED 121

Bibliografia 123

4

Energia wiatru i jej wykorzystanie 126

- 4.1. Rys historyczny 126
- 4.2. Charakterystyka energii wiatru 127
- 4.3. Zależności opisujące energię wiatru 129
- 4.4. Przegląd konstrukcji turbin wiatrowych 133
- 4.5. Światowy rozwój energetyki wiatrowej 134
- 4.6. Doświadczenia polskie 137
- 4.7. Efekt ekologiczny, prognozy i perspektywy aeroenergetyki w Polsce do 2030 roku 140
- 4.8. Koncepcje przyszłościowe energetyki wiatrowej 141

- 4.9. Morskie farmy wiatrowe (MFW) 142
- 4.9.1. Historia MFW 142
- 4.9.2. Europejskie MFW 143
- 4.9.3. Perspektywy MFW w Polsce 145
- 4.10. Małe turbiny wiatrowe (MTW) 146
- 4.10.1. Charakterystyka MTW 146
- 4.10.2. Przegląd rozwiązań MTW 148
- 4.10.3. Polskie rozwiązania MTW 152
- 4.10.4. Przybliżona metoda obliczania wydajności MTW 153
- 4.10.5. Wiatrowo-słoneczny system hybrydowy 154
- 4.10.6. Inne koncepcje zagospodarowania energii z MTW 155
- 4.11. Wady i zalety siłowni wiatrowych 157
- Bibliografia 157

5

Energia promieniowania słonecznego 161

- 5.1. Wprowadzenie 161
- 5.2. Istota promieniowania słonecznego 163
- 5.3. Budowa atomu i struktura materii 165
- 5.4. Podstawy teoretyczne promieniowania słonecznego 167
- 5.5. Wymiana ciepła przez promieniowanie 173
- 5.6. Charakterystyka promieniowania słonecznego 175
- 5.7. Perspektywy wykorzystania energii promieniowania słonecznego do ogrzewania 180
- 5.8. Podział metod konwersji i wykorzystania energii promieniowania słonecznego 181
- 5.9. Historia rozwoju energetyki słonecznej 183
- 5.10. Zalety i wady energii promieniowania słonecznego 184
- Bibliografia 184

6

Pasywne systemy wykorzystania energii słonecznej z elementami teorii wymiany ciepła 186

- 6.1. Definicja systemów pasywnych 186
- 6.2. Podstawy teoretyczne wymiany ciepła 186
- 6.3. Przewodzenie ciepła 188
- 6.4. Konwekcja 190
- 6.5. Promieniowanie i konwekcja swobodna 192
- 6.6. Przenikanie ciepła 193
- 6.7. Pasywne ogrzewanie budynków 196
- 6.7.1. Rodzaje pasywnych rozwiązań w budownictwie 196
- 6.7.2. Energooszczędne okna 198
- 6.7.3. Transparentne materiały izolacyjne 199
- 6.8. Pasywne chłodzenie 201
- 6.9. Pasywne systemy magazynowania ciepła w budynkach 202
- Bibliografia 204

7

Aktywne systemy wykorzystania energii słonecznej – kolektory słoneczne 207

- 7.1. Przegląd aktywnych metod wykorzystania energii słonecznej 207
- 7.2. Podstawy teoretyczne kolektorów słonecznych 207

- 7.3. Zasoby energii słonecznej w Polsce 212
- 7.4. Wartość użyteczna promieniowania słonecznego 214
- 7.5. Budowa kolektorów słonecznych 214
- 7.6. Obliczanie słonecznego systemu podgrzewania wody użytkowej 217
- 7.6.1. Przykład uproszczonych obliczeń i doboru kolektora 217
- 7.6.2. Aspekt ekonomiczny instalacji kolektorów słonecznych 219
- 7.6.3. Aspekt ekologiczny stosowania kolektorów słonecznych 220
- 7.6.4. Charakterystyka dostępnych na rynku kolektorów słonecznych 222
- 7.7. Nowe typy kolektorów słonecznych 224
- 7.8. Badanie kolektorów słonecznych 226
- 7.8.1. Normy badawcze kolektorów słonecznych 227
- Bibliografia 228

8

Aktywne systemy konwersji energii słonecznej – stawy i kominy słoneczne 230

- 8.1. Wprowadzenie 230
- 8.2. Stawy słoneczne 230
- 8.2.1. Budowa i zasada działania 231
- 8.2.2. Przegląd pracujących instalacji 232
- 8.2.3. Podsumowanie – wady i zalety stawów słonecznych 233
- 8.3. Kominy słoneczne 234
- 8.3.1. Wprowadzenie 234
- 8.3.2. Zasada działania komina słonecznego 235
- 8.3.3. Potencjał energetyki opartej na kominach słonecznych 236
- 8.3.4. Stan zaawansowania budowy kominów słonecznych 237
- Bibliografia 237

9

Podstawy termodynamiki i metody przetwarzania energii słonecznej na pracę 240

- 9.1. Wprowadzenie 240
- 9.2. Podstawy teoretyczne termodynamiki 240
- 9.2.1. Pojęcia podstawowe 241
- 9.2.2. Zasady termodynamiki 244
- 9.2.3. *Perpetuum mobile* i sprawność obiegu 247
- 9.2.4. Rzeczywiste silniki termodynamiczne 251
- 9.2.5. Silnik Stirlinga 252
- 9.2.6. Silnik Ericssona 255
- 9.3. Wysokotemperaturowy system zdecentralizowany 256
- 9.4. Wysokotemperaturowy system scentralizowany 259
- Bibliografia 262

10

Niskotemperaturowa energia termiczna mórz i oceanów 264

- 10.1. Wprowadzenie 264
- 10.2. Rys historyczny 265

- 10.3. Konwersja energii termicznej oceanu w energię mechaniczną 266
 - 10.4. Zalety i wady systemu OTEC 269
 - 10.5. Obecny stan zaawansowania systemu OTEC 269
 - 10.6. Konwersja energii termicznej oceanu w energię elektryczną 270
- Bibliografia 270

11

Energia geotermalna 272

- 11.1. Wprowadzenie 272
 - 11.2. Rys historyczny i współczesne metody wykorzystania energii geotermalnej 273
 - 11.3. Natura źródeł geotermalnych 275
 - 11.4. Sposoby wykorzystania źródeł geotermalnych 277
 - 11.5. Zasoby geotermalne w Polsce i ich wykorzystanie 279
 - 11.5.1. Historia polskiej geotermii 280
 - 11.5.2. Zasoby wód geotermalnych 280
 - 11.5.3. Geotermalne zasoby energetyczne 283
 - 11.5.4. Obecny stan polskiej energetyki geotermalnej 287
 - 11.5.5. Głęboka geotermia – szansa dla Polski 292
 - 11.5.6. Płytką geotermia 296
 - 11.6. Wnioski końcowe 296
 - 11.6.1. Porównanie energetyki geotermalnej z konwencjonalną 296
 - 11.6.2. Wpływ energetyki geotermalnej na środowisko 296
 - 11.6.3. Zagadnienia techniczno-ekonomiczne energetyki geotermalnej 297
- Bibliografia 298

12

Systemy wspomagające wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych 302

- 12.1. Wprowadzenie 302
 - 12.2. Różne formy magazynowania energii 304
 - 12.3. Magazynowanie energii cieplnej 304
 - 12.4. Magazynowanie energii chemicznej 308
 - 12.5. Przetwarzanie niskotemperaturowej energii cieplnej 309
 - 12.6. Przetwarzanie i magazynowanie wysokotemperaturowej energii cieplnej 309
- Bibliografia 310

13

Pompy ciepła 312

- 13.1. Wprowadzenie 312
- 13.2. Rys historyczny 312
- 13.3. Zasada działania pompy ciepła 313
- 13.4. Przegląd typów pomp ciepła 314
- 13.5. Sprężarkowe pompy ciepła 315
- 13.6. Czynniki robocze sprężarkowych pomp ciepła a dziura ozonowa 316
- 13.7. Absorpcyjne pompy ciepła 319
- 13.8. Pompy ciepła pozostałych typów 321
- 13.9. Dolne źródła pomp ciepła 324
- 13.10. Pompy ciepła w Polsce 325

- 13.10.1. Polskie Stowarzyszenie Pomp Ciepła 325
- 13.10.2. Charakterystyka domowych pomp ciepła stosowanych w Polsce 326
- 13.10.3. Efekty ekonomiczne stosowania pomp ciepła 329
- 13.10.4. Pompy ciepła pracujące w kogeneracji z innymi OZE 329
- 13.10.5. Przykłady zastosowania pomp ciepła w Polsce 330
- 13.11. Podsumowanie 331
- Bibliografia 332

14

Ogniwa i moduły fotowoltaiczne 334

- 14.1. Historia ogniw fotowoltaicznych 334
- 14.2. Technologie fotowoltaiczne 337
- 14.2.1. Technologie fotowoltaiczne pierwszej generacji – ogniwa krzemowe z krystalicznego krzemu 337
- 14.2.2. Technologie fotowoltaiczne drugiej generacji – ogniwa cienkowarstwowe 338
- 14.2.3.. Technologie fotowoltaiczne trzeciej generacji 340
- 14.3. Efekt fotowoltaiczny 342
- 14.3.1. Typy półprzewodników 342
- 14.3.2. Generowanie swobodnych nośników ładunku w obszarze złącza $p-n$ 344
- 14.4. Budowa ogniw słonecznych krzemowych 346
- 14.4.1. Ogniwo fotowoltaiczne 346
- 14.4.2. Moduł fotowoltaiczny 347
- 14.5. Charakterystyka prądowo-napięciowa i parametry elektryczne ogniw i modułów PV 348
- 14.6. Łączenie szeregowo i równoległe ogniw i modułów PV 351
- 14.7. Instalacje fotowoltaiczne 353
- 14.8. Koncentratory promieniowania 354
- 14.9. Współpraca modułów fotowoltaicznych z innymi urządzeniami do konwersji energii 356
- 14.9.1. Systemy fotowoltaiczne hybrydowe – połączenie kilku źródeł energii elektrycznej 356
- 14.9.2. Układ modułu fotowoltaicznego–kolektor słoneczny 357
- 14.10. Recykling modułów fotowoltaicznych 359
- 14.11. Perspektywy i strategia rozwoju ogniw fotowoltaicznych 361
- 14.11.1. Światowa sytuacja na rynku systemów fotowoltaicznych 361
- 14.11.2. Kierunki rozwoju systemów fotowoltaicznych 363
- 14.11.3. Polskie doświadczenia energetyki fotowoltaicznej 364
- 14.11.4. Perspektywy rozwoju fotowoltaiki w Polsce 366
- 14.12. Znaczenie ogniw fotowoltaicznych w kosmonautyce 366
- 14.13. Zalety systemów fotowoltaicznych 368
- Bibliografia 369

15

Biomasa 372

- 15.1. Wprowadzenie 372
- 15.2. Cechy charakterystyczne biomasy 373
- 15.3. Biomasa jako odnawialne źródło energii 374
- 15.3.1. Energetyczny potencjał biomasy 374
- 15.3.2. Charakterystyka biomasy jako nośnika energii 376
- 15.4. Metody energetycznego wykorzystania biomasy 378

- 15.4.1. Spalanie biomasy 379
- 15.4.2. Termiczne przetwarzanie biomasy na potrzeby energetyczne 379
- 15.4.3. Inne możliwości energetycznego wykorzystania biomasy 381
- 15.4.4. Plantacje energetyczne 381
- 15.4.5. Wady i zalety energetycznego wykorzystania biomasy 382
- 15.5. Drewno jako proekologiczne odnawialne źródło energii 383
 - 15.5.1. Pelety 384
 - 15.5.2. Plantacje drewna energetycznego 385
 - 15.5.3. Bilans drewna w Polsce 385
 - 15.5.4. Wykorzystanie drewna do produkcji ciepła w Polsce 386
 - 15.5.5. Przykłady kotłowni opalanych drewnem 386
 - 15.5.6. Budowa i zasada działania kotłowni opalanej drewnem 387
- 15.6. Słoma jako proekologiczny surowiec energetyczny 389
 - 15.6.1. Charakterystyka słomy jako nośnika energii 389
 - 15.6.2. Sposoby spalania słomy 390
 - 15.6.3. Polskie ciepłownie opalane słomą 390
- 15.7. Biopaliwa 393
 - 15.7.1. Historia, stan obecny i prognozy produkcji biopaliw na świecie 393
 - 15.7.2. Surowce do produkcji biopaliw 394
 - 15.7.3. Biopaliwa w Polsce 395
- 15.8. Podsumowanie 397
- Bibliografia 398

16

Biogaz 401

- 16.1. Biogaz jako odnawialne źródło energii 401
- 16.2. Mechanizm powstawania biogazu 402
- 16.3. Źródła oraz technologie pozyskiwania i zagospodarowania biogazu 403
- 16.4. Zagospodarowanie biogazu w oczyszczalni ścieków 404
- 16.5. Wykorzystanie biogazu z wysypisk śmieci 406
 - 16.5.1. Charakterystyka gazu wysypiskowego 406
 - 16.5.2. Technologie energetycznego wykorzystania odpadów 408
 - 16.5.3. Eksploatacja gazu wysypiskowego w Polsce 409
- 16.6. Pozyskiwanie biogazu w gospodarstwach rolnych 409
 - 16.6.1. Rolnicze źródła biogazu 410
 - 16.6.2. Technologie pozyskiwania biogazu w rolnictwie 411
 - 16.6.3. Pozyskiwanie biogazu na polskiej wsi 411
 - 16.6.4. Koncepcja wiejskiej spółdzielczej elektrociepłowni opalanej biogazem 412
- 16.7. Konwersja biogazu 414
 - 16.7.1. Wprowadzenie 414
 - 16.7.2. Metody wzbogacania i oczyszczania biogazu 415
 - 16.7.3. Konwersja biogazu w energię cieplną 417
 - 16.7.4. Konwersja biogazu w energię elektryczną 417
 - 16.7.5. Koncepcje zagospodarowania ciepła odpadowego z konwersji biogazu 418
 - 16.7.6. Konwersja biogazu w energię mechaniczną 420
- 16.8. Zalety i wady produkcji energii z biogazu 420
- Bibliografia 421

17

Ogniwa paliwowe 425

- 17.1. Rys historyczny 425
 - 17.2. Zasada działania ogniwa paliwowego 426
 - 17.3. Klasyfikacja ogniw paliwowych 427
 - 17.4. Ogniwa z polimerową membraną (PEMFC) 427
 - 17.5. Ogniwa alkaliczne (AFC) 428
 - 17.6. Ogniwa fosforanowe (PAFC) 429
 - 17.7. Ogniwa węglanowe (MCFC) 431
 - 17.8. Ogniwa tlenkowe (SOFC) 433
 - 17.9. Ogniwa zasilane metanolem (DMFC) lub kwasem mrówkowym (DFAFC) 434
 - 17.10. Rozwiązania konstrukcyjne ogniw paliwowych 435
 - 17.11. Zastosowanie ogniw paliwowych 436
 - 17.12. Podsumowanie 439
- Bibliografia 440

18

Wodór 442

- 18.1. Wprowadzenie 442
 - 18.2. Właściwości wodoru 442
 - 18.3. Przemysłowe metody otrzymywania wodoru 443
 - 18.4. Metody otrzymywania wodoru w przyszłości 447
 - 18.5. Magazynowanie wodoru 449
 - 18.6. Najnowsze zastosowania wodoru 450
 - 18.7. Wodór jako paliwo XXI wieku 452
 - 18.7.1. Analiza dotychczasowego wykorzystania wodoru 452
 - 18.7.2. Zalety i wady energetycznego wykorzystania wodoru 453
 - 18.7.3. Światowe kierunki rozwoju energetyki wodorowej 453
 - 18.7.4. Możliwości wykorzystania wodoru w Polsce 454
- Bibliografia 454

19

Oszczędzanie energii 456

- 19.1. Ochrona środowiska przez oszczędzanie energii 456
 - 19.2. Modyfikacja tradycyjnych systemów energetycznych 457
 - 19.3. Energooszczędne technologie 458
 - 19.4. Śmieci jako potencjalne odnawialne źródło energii 459
 - 19.5. Kierunki oszczędzania energii 465
 - 19.6. Indywidualne kierunki oszczędzania energii 466
 - 19.6.1. Oszczędzanie energii cieplnej 466
 - 19.6.2. Oszczędzanie energii elektrycznej 474
 - 19.6.3. Oszczędzanie oświetlenia 475
 - 19.6.4. Oszczędzanie wody 476
 - 19.6.5. Oszczędzanie dóbr konsumpcyjnych 477
 - 19.7. Podsumowanie 478
- Bibliografia 478

Skorowidz 481