

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. Skażenie powietrza spalinami 26
 - 1.3.1. Składniki spalin i oddziaływanie ich na środowisko 26
 - 1.3.2. Skutki skażenia środowiska 30
 - 1.3.3. Wielkość emisji zanieczyszczeń 35
 - 1.3.4. Koszty środowiskowe 38
 - 1.4. Nowe trendy w energetyce konwencjonalnej 39
 - 1.4.1. Rodzaje siłowni 39
 - 1.4.2. Kierunki rozwoju energetyki konwencjonalnej 41
 - 1.4.3. Oczyszczanie spalin 46
 - 1.5. Energetyka jądrowa 48
 - 1.5.1. Wprowadzenie 48
 - 1.5.2. Promieniotwórczość 51
 - 1.5.3. Reakcje jądrowe 54
 - 1.5.4. Reaktory jądrowe 57
 - 1.5.5. Paliwo w reaktorach jądrowych 58
 - 1.5.6. Elektrownie jądrowe 59
 - 1.5.7. Kierunki rozwoju energetyki jądrowej 60
 - 1.6. Zalety i wady energetyki konwencjonalnej 61
 - 1.7. Charakterystyka działań zmierzających do zahamowania dalszej degradacji środowiska 62
- Bibliografia 63

2

Odnawialne źródła energii 65

- 2.1. Wprowadzenie 65
- 2.2. Rys historyczny 66
- 2.3. Podział źródeł energii 67
- 2.4. Charakterystyka pierwotnych odnawialnych źródeł energii 68
 - 2.4.1. Energia słoneczna i jej zasoby 68
 - 2.4.2. Energia geotermalna i jej zasoby 69
 - 2.4.3. Energia oddziaływań grawitacyjnych i jej zasoby 69
- 2.5. Techniczne możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii 70
- 2.6. Plan działań Unii Europejskiej w dziedzinie energii ze źródeł odnawialnych 71
- 2.7. Prognozy rozwoju energii ze źródeł odnawialnych w Polsce 73
- 2.8. Polskie regulacje prawne w zakresie OZE 75
- 2.9. Podsumowanie 75
- Bibliografia 76

3

Energia wody 78

- 3.1. Wprowadzenie 78
 - 3.1.1. Światowe zasoby wody 78
- 3.2. Hydroenergetyka 80
 - 3.2.1. Historia wykorzystania energii mechanicznej wody 80
 - 3.2.2. Potencjał hydroenergetyczny świata 80
 - 3.2.3. Zasoby wodne Polski i ich hydroenergetyczny potencjał 83
 - 3.2.4. Sposoby wykorzystania potencjału energetycznego wody 84
- 3.3. Podstawy teoretyczne 84
- 3.4. Duże elektrownie wodne 87
 - 3.4.1. Typy dużych elektrowni wodnych 87
 - 3.4.2. Elektrownie szczytowo-pompowe w Polsce 89
 - 3.4.3. Zalety i wady dużej energetyki wodnej 90
- 3.5. Mała energetyka wodna (MEW) 91
 - 3.5.1. Podział małej energetyki wodnej 91
 - 3.5.2. Turbiny w MEW 92
 - 3.5.3. Mała energetyka wodna w Polsce 94
 - 3.5.4. Opłacalność budowy małych elektrowni wodnych 97
 - 3.5.5. Regulacje prawne dotyczące MEW 99
 - 3.5.6. Zalety MEW 99
- 3.6. Energia pływów 99
- 3.7. Energia fal 102
- 3.8. Energia prądów morskich 106
- 3.9. Energia dyfuzji 107
 - 3.9.1. Metoda PRO 108
 - 3.9.2. Metoda RED 108
- Bibliografia 110

4

Energia wiatru i jej wykorzystanie 113

- 4.1. Rys historyczny 113
- 4.2. Charakterystyka energii wiatru 114

- 4.3. Zależności opisujące energię wiatru 116
- 4.4. Przegląd konstrukcji turbin wiatrowych 120
- 4.5. Światowy rozwój energetyki wiatrowej 121
- 4.6. Doświadczenia polskie 124
- 4.7. Efekt ekologiczny, prognozy i perspektywy aeroenergetyki w Polsce do 2030 roku 127
- 4.8. Koncepcje przyszłościowe energetyki wiatrowej 128
- 4.9. Morskie farmy wiatrowe (MFW) 129
 - 4.9.1. Historia MFW 129
 - 4.9.2. Europejskie MFW 130
 - 4.9.3. Perspektywy MFW w Polsce 130
- 4.10. Małe turbiny wiatrowe (MTW) 131
 - 4.10.1. Charakterystyka MTW 131
 - 4.10.2. Przegląd rozwiązań MTW 132
 - 4.10.3. Polskie rozwiązania MTW 137
 - 4.10.4. Przybliżona metoda obliczania wydajności MTW 137
 - 4.10.5. Wiatrowo-słoneczny system hybrydowy 139
- 4.10.6. Inne koncepcje zagospodarowania energii z MTW 140
- 4.11. Wady i zalety siłowni wiatrowych 141
- Bibliografia 142

5

Energia promieniowania słonecznego 145

- 5.1. Wprowadzenie 145
- 5.2. Istota promieniowania słonecznego 147
- 5.3. Budowa atomu i struktura materii 149
- 5.4. Podstawy teoretyczne promieniowania słonecznego 151
- 5.5. Wymiana ciepła przez promieniowanie 157
- 5.6. Charakterystyka promieniowania słonecznego 159
- 5.7. Perspektywy wykorzystania energii promieniowania słonecznego do ogrzewania 163
- 5.8. Podział metod konwersji i wykorzystania energii promieniowania słonecznego 165
- 5.9. Historia rozwoju energetyki słonecznej 166
- 5.10. Zalety i wady energii promieniowania słonecznego 167
- Bibliografia 168

6

Pasywne systemy wykorzystania energii słonecznej z elementami teorii wymiany ciepła 170

- 6.1. Definicja systemów pasywnych 170
- 6.2. Podstawy teoretyczne wymiany ciepła 170
- 6.3. Przewodzenie ciepła 172
- 6.4. Konwekcja 174
- 6.5. Promieniowanie i konwekcja swobodna 176
- 6.6. Przenikanie ciepła 177
- 6.7. Pasywne ogrzewanie budynków 180
 - 6.7.1. Rodzaje pasywnych rozwiązań w budownictwie 180
 - 6.7.2. Energooszczędne okna 182
 - 6.7.3. Transparentne materiały izolacyjne 183
- 6.8. Pasywne chłodzenie 185
- 6.9. Pasywne systemy magazynowania ciepła w budynkach 186
- Bibliografia 188

7**Aktywne systemy wykorzystania energii słonecznej – kolektory słoneczne 191**

- 7.1. Przegląd aktywnych metod wykorzystania energii słonecznej 191
- 7.2. Podstawy teoretyczne kolektorów słonecznych 191
- 7.3. Zasoby energii słonecznej w Polsce 196
- 7.4. Wartość użyteczna promieniowania słonecznego 198
- 7.5. Budowa kolektorów słonecznych 198
- 7.6. Obliczanie słonecznego systemu podgrzewania wody użytkowej 201
- 7.6.1. Przykład uproszczonych obliczeń i doboru kolektora 201
- 7.6.2. Aspekt ekonomiczny instalacji kolektorów słonecznych 203
- 7.6.3. Aspekt ekologiczny stosowania kolektorów słonecznych 205
- 7.7. Nowe typy kolektorów słonecznych 206
- 7.8. Badanie kolektorów słonecznych 208
- 7.8.1. Normy badawcze kolektorów słonecznych 209
- Bibliografia 210

8**Aktywne systemy konwersji energii słonecznej – stawy i kominy słoneczne 212**

- 8.1. Wprowadzenie 212
- 8.2. Stawy słoneczne 212
- 8.2.1. Budowa i zasada działania 213
- 8.2.2. Przegląd pracujących instalacji 214
- 8.2.3. Podsumowanie – wady i zalety stawów słonecznych 215
- 8.3. Kominy słoneczne 216
- 8.3.1. Wprowadzenie 216
- 8.3.2. Zasada działania kolumny słonecznej 217
- 8.3.3. Potencjał energetyki opartej na kominach słonecznych 218
- 8.3.4. Stan zaawansowania budowy kominów słonecznych 219
- Bibliografia 219

9**Podstawy termodynamiki i metody przetwarzania energii słonecznej na pracę 222**

- 9.1. Wprowadzenie 222
- 9.2. Podstawy teoretyczne termodynamiki 222
- 9.2.1. Pojęcia podstawowe 223
- 9.2.2. Zasady termodynamiki 226
- 9.2.3. *Perpetuum mobile* i sprawność obiegu 229
- 9.2.4. Rzeczywiste silniki termodynamiczne 233
- 9.2.5. Silnik Stirlinga 234
- 9.2.6. Silnik Ericssona 237
- 9.3. Wysokotemperaturowy system zdecentralizowany 238
- 9.4. Wysokotemperaturowy system scentralizowany 241
- Bibliografia 244

10

Niskotemperaturowa energia termiczna mórz i oceanów 246

- 10.1. Wprowadzenie 246
- 10.2. Rys historyczny 247
- 10.3. Konwersja energii termicznej oceanu na energię mechaniczną 248
- 10.4. Zalety i wady systemu OTEC 251
- 10.5. Obecny stan zaawansowania systemu OTEC 251
- 10.6. Konwersja energii termicznej oceanu na energię elektryczną 252
- Bibliografia 252

11

Energia geotermalna 254

- 11.1. Wprowadzenie 254
- 11.2. Rys historyczny i współczesne metody wykorzystania energii geotermalnej 255
- 11.3. Natura źródeł geotermalnych 257
- 11.4. Sposoby wykorzystania źródeł geotermalnych 259
- 11.5. Zasoby geotermalne w Polsce i ich wykorzystanie 261
- 11.5.1. Historia polskiej geotermii 262
- 11.5.2. Zasoby wód geotermalnych 262
- 11.5.3. Geotermalne zasoby energetyczne 264
- 11.5.4. Obecny stan polskiej energetyki geotermalnej 268
- 11.6. Wnioski końcowe 270
- 11.6.1. Porównanie energetyki geotermalnej z konwencjonalną 270
- 11.6.2. Wpływ energetyki geotermalnej na środowisko 271
- 11.6.3. Zagadnienie techniczno-ekonomiczne energetyki geotermalnej 271
- Bibliografia 272

12

Systemy wspomagające

wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych 275

- 12.1. Wprowadzenie 275
- 12.2. Różne formy magazynowania energii 277
- 12.3. Magazynowanie energii cieplnej 277
- 12.4. Magazynowanie energii chemicznej 281
- 12.5. Przetwarzanie niskotemperaturowej energii cieplnej 282
- 12.6. Przetwarzanie i magazynowanie wysokotemperaturowej energii cieplnej 282
- Bibliografia 283

13

Pompy ciepła 285

- 13.1. Wprowadzenie 285
- 13.2. Rys historyczny 285
- 13.3. Zasada działania pompy ciepła 286
- 13.4. Przegląd typów pomp ciepła 287
- 13.5. Sprężarkowe pompy ciepła 288

- 13.6. Czynniki robocze sprężarkowych pomp ciepła a dziura ozonowa 289
- 13.7. Absorpcyjne pompy ciepła 292
- 13.8. Pompy ciepła pozostałych typów 294
- 13.9. Dolne źródła pomp ciepła 297
- 13.10. Pompy ciepła w Polsce 298
- 13.10.1. Polskie Stowarzyszenie Pomp Ciepła 298
- 13.10.2. Efekty ekonomiczne stosowania pomp ciepła 299
- 13.10.3. Pompy ciepła pracujące w kogeneracji z innymi OZE 299
- 13.10.4. Przykłady zastosowania pomp ciepła w Polsce 300
- 13.11. Podsumowanie 301
- Bibliografia 301

14

Ogniwa fotowoltaiczne 304

- 14.1. Historia ogniw fotowoltaicznych 304
- 14.2. Mechanizm efektu fotowoltaicznego 305
- 14.3. Wpływ temperatury na efekt fotowoltaiczny 309
- 14.4. Budowa ogniw słonecznych 311
- 14.5. Koncentratory ogniw fotowoltaicznych 311
- 14.6. Współpraca ogniw fotowoltaicznych z innymi nośnikami energii 313
- 14.6.1. Rozwiązanie hybrydowe 313
- 14.6.2. Ogniwa fotowoltaiczne w układach kogeneracyjnych 314
- 14.6.3. Urządzenie hybrydowe: ogniwo fotowoltaiczne–kolektor słoneczny 314
- 14.7. Perspektywy i strategia rozwoju ogniw fotowoltaicznych 316
- 14.7.1. Światowa sytuacja systemów fotowoltaicznych 316
- 14.7.2. Kierunki rozwoju systemów fotowoltaicznych 317
- 14.7.3. Polskie doświadczenia energetyki fotowoltaicznej 318
- 14.8. Znaczenie ogniw fotowoltaicznych w kosmonautyce 319
- 14.9. Zalety systemów fotowoltaicznych 320
- Bibliografia 320

15

Biomasa 322

- 15.1. Wprowadzenie 322
- 15.2. Cechy charakterystyczne biomasy 323
- 15.3. Biomasa jako odnawialne źródło energii 324
- 15.3.1. Energetyczny potencjał biomasy 324
- 15.3.2. Charakterystyka biomasy jako nośnika energii 326
- 15.4. Metody energetycznego wykorzystania biomasy 327
- 15.4.1. Spalanie biomasy 327
- 15.4.2. Termiczne przetwarzanie biomasy na potrzeby energetyczne 328
- 15.4.3. Inne możliwości energetycznego wykorzystania biomasy 330
- 15.4.4. Plantacje energetyczne 330
- 15.4.5. Wady i zalety energetycznego wykorzystania biomasy 331
- 15.5. Drewno jako proekologiczne odnawialne źródło energii 332
- 15.5.1. Pelety 333
- 15.5.2. Plantacje drewna energetycznego 334
- 15.5.3. Bilans drewna w Polsce 334
- 15.5.4. Wykorzystanie drewna do produkcji ciepła w Polsce 335

- 15.5.5. Przykłady kotłowni opalanych drewnem 335
- 15.5.6. Budowa i zasada działania kotłowni opalanej drewnem 336
- 15.6. Słoma jako proekologiczny surowiec energetyczny 338
- 15.6.1. Charakterystyka słomy jako nośnika energii 338
- 15.6.2. Sposoby spalania słomy 339
- 15.6.3. Polskie ciepłownie opalane słomą 339
- 15.7. Biopaliwa 342
- 15.7.1. Historia, stan obecny i prognozy produkcji biopaliw na świecie 342
- 15.7.2. Surowce do produkcji biopaliw 343
- 15.7.3. Biopaliwa w Polsce 344
- 15.8. Podsumowanie 346
- Bibliografia 347

16

Biogaz 350

- 16.1. Biogaz jako odnawialne źródło energii 350
- 16.2. Mechanizm powstawania biogazu 351
- 16.3. Źródła oraz technologie pozyskiwania i zagospodarowania biogazu 352
- 16.4. Zagospodarowanie biogazu z oczyszczalni ścieków 353
- 16.5. Wykorzystanie biogazu z wysypisk śmieci 355
- 16.5.1. Charakterystyka gazu wysypiskowego 355
- 16.5.2. Technologie energetycznego wykorzystania odpadów 357
- 16.5.3. Eksploatacja gazu wysypiskowego w Polsce 358
- 16.6. Pozyskiwanie biogazu w gospodarstwach rolnych 358
- 16.6.1. Rolnicze źródła biogazu 359
- 16.6.2. Technologie pozyskiwania biogazu w rolnictwie 360
- 16.6.3. Pozyskiwanie biogazu na polskiej wsi 362
- 16.6.4. Koncepcja wiejskiej spółdzielczej elektrociepłowni opalanej biogazem 363
- 16.7. Konwersja biogazu 365
- 16.7.1. Wprowadzenie 365
- 16.7.2. Metody wzbogacania i oczyszczania biogazu 366
- 16.7.3. Konwersja biogazu w energię ciepłą 368
- 16.7.4. Konwersja biogazu w energię elektryczną 368
- 16.7.5. Koncepcja zagospodarowania ciepła odpadowego z konwersji biogazu 369
- 16.7.6. Konwersja biogazu w energię mechaniczną 371
- 16.8. Zalety i wady produkcji energii z biogazu 371
- Bibliografia 372

17

Ogniwa paliwowe 375

- 17.1. Rys historyczny 375
- 17.2. Zasada działania ogniwa paliwowego 376
- 17.3. Klasyfikacja ogniw paliwowych 377
- 17.4. Ogniwa z polimerową membraną (PEMFC) 377
- 17.5. Ogniwa alkaliczne (AFC) 378
- 17.6. Ogniwa z fosforanowe (PAFC) 379
- 17.7. Ogniwa węglanowe (MCFC) 381
- 17.8. Ogniwa tlenkowe (SOFC) 383
- 17.9. Ogniwa zasilane metanolem (DMFC) lub kwasem mrówkowym (DFAFC) 384

- 17.10. Rozwiązania konstrukcyjne ogniw paliwowych 385
- 17.11. Zastosowanie ogniw paliwowych 386
- 17.12. Podsumowanie 389
- Bibliografia 390

18

Wodór 391

- 18.1. Wprowadzenie 391
- 18.2. Właściwości wodoru 391
- 18.3. Przemysłowe metody otrzymywania wodoru 392
- 18.4. Metody otrzymywania wodoru w przyszłości 396
- 18.5. Magazynowanie wodoru 398
- 18.6. Najnowsze zastosowania wodoru 399
- 18.7. Wodór jako paliwo obecnego (XXI) wieku 401
- 18.7.1. Analiza dotychczasowego wykorzystania wodoru 401
- 18.7.2. Zalety i wady energetycznego wykorzystania wodoru 401
- 18.7.3. Światowe kierunki rozwoju energetyki wodorowej 402
- 18.7.4. Polskie możliwości wykorzystania wodoru 403
- Bibliografia 403

19

Oszczędzanie energii 405

- 19.1. Ochrona środowiska przez oszczędzanie energii 405
- 19.2. Modyfikacja tradycyjnych systemów energetycznych 406
- 19.3. Energooszczędne technologie 407
- 19.4. Śmieci jako potencjalne odnawialne źródło energii 408
- 19.5. Kierunki oszczędzania energii 414
- 19.6. Indywidualne kierunki oszczędzania energii 415
- 19.6.1. Oszczędzanie energii cieplnej 415
- 19.6.2. Oszczędzanie energii elektrycznej 419
- 19.6.3. Oszczędzanie oświetlenia 420
- 19.6.4. Oszczędzanie wody 421
- 19.6.5. Oszczędzanie dóbr konsumpcyjnych 421
- 19.7. Podsumowanie 422
- Bibliografia 422

Skorowidz 425