Spis treści

Od Autora 17

1. Wykaz wybranych oznaczeń, wielkości i ich jednostek 19
2. Przedmowa 22
3. Wprowadzenie 25
4. Sposób wytwarzania, podział i rodzaj energii otrzymywanej z OŹE 27
5. Stan obecny i perspektywy rozwoju odnawialnych źródeł energii na świecie i w UE 28
6. Perspektywy inwestycyjne w OŹE na świecie 30
7. Rodzaje i zakres wykorzystania OŹE w Polsce 31
   - 7.1. Biomasa 33
     - 7.1.1. Drewno 33
     - 7.1.2. Słoma 34
     - 7.1.3. Gaz z czynnych składowisk odpadów 34
     - 7.1.4. Gaz z fermentacji osadów i ścieków 35
     - 7.1.5. Biogaz z biogazowni rolniczych 35
     - 7.1.6. Biopaliwa 36
   - 7.2. Energetyka wodna 36
   - 7.3. Energetyka geotermalna 37
   - 7.4. Energetyka wiatrowa 38
   - 7.5. Energetyka słoneczna 38
8. Rodzaj, ilość i moc instalacji wytwarzających energię elektryczną z OŹE z podziałem na województwa 39
9. Prognozy dotyczące wykorzystania OŹE w Polsce 45
10. Cel strategiczny dla Polski w zakresie OŹE 47
11. Finansowanie przedsięwzięć z zakresu odnawialnych źródeł energii 48
    - 11.1. Analiza i ocena średnich kosztów produkcji energii z wybranych instalacji OŹE wraz z analizą wrażliwości 48
12. Świadectwa pochodzenia 51
13. Warunki i tryb wydawania certyfikatów instalatorom mikroinstalacji i małych instalacji oraz akredytowania organizatorów szkoleń 54
14. Podsumowanie 60
15. Wnioski 61

Rozdział I
ENERGIA SŁONECZNA

1. Sposoby produkcji energii elektrycznej z wykorzystaniem energii słonecznej 63
   - 1.1. Metoda heliotermiczna 64
   - 1.2. Metoda helioelektryczna 65
2. Rozwiązania przyszłościowe wykorzystania energii słonecznej 67
3. Światowy rozwój fotoogniw 67
4. Fotoogniwa 70
   - 4.1. Wiadomości wstępne z optoelektroniki 70
   - 4.2. Budowa i zasada działania ogniw krzemowych 72
   - 4.3. Podział ogniw PV 73
   - 4.4. Ogniwa z krzemu monolitycznego 73
     - 4.4.1. Budowa fotoogniwa 73
     - 4.4.2. Technologia wytwarzania fotoogniwa 75

4.4.3. Przykłady krzemowych modułów fotowoltaicznych 76
4.5. Ogniwa polikrystaliczne 79
4.5.1. Budowa fotoogniwa 79
4.5.2. Rozwiązania konstrukcyjne fotomodułów płaskich polikrystalicznych . . . 80
4.6. Ogniwa polikrystaliczne cienkowarstwowe 81
4.6.1. Budowa fotoogniwa 81
4.6.2. Technologia wytwarzania ogniwa PV 82
4.7. Ogniwa z krzemu amorficznego 82
4.7.1. Budowa i technologia wytwarzania fotoogniwa 82
4.8. Ogniwa cienkowarstwowe jedno- i wielozłączowe z arsenku galu 84
4.8.1. Budowa i technologia wytwarzania 84
4.8.2. Przykład rozwiązania konstrukcyjnego 85
4.9. Ogniwa fotowoltaiczne z materiałów organicznych 86
4.9.1. Budowa i technologia wytwarzania 86
4.9.2. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne ogniw PV, na podłożu polimerowym 86
4.9.3. Parametry polimerowych ogniw PV 88
4.9.4. Sposoby produkcji 89
4.10. Ogniwa fotowoltaiczne uczulane barwnikiem 89
4.10.1. Zasada działania 89
4.10.2. Budowa, parametry ogniwa 89
4.11. Hybrydowe panele słoneczne 90
4.11.1. Zasada działania 90
4.11.2. Budowa urządzenia 91
4.11.3. Przykładowe rozwiązania 93
4.11.4. Wybrane warunki gwarancyjne montażu i użytkowania kolektorów E-PVT 2,0 i ES2V/2,0AL z absorberem aluminiowym 94
5. Analiza pracy fotoogniwa 94
5.1. Podstawowe zależności 94
5.2. Wpływ temperatury na parametry fotoogniwa 97
5.3. Sposoby połączeń ogniw PV 98
5.4. Wpływ promieniowania słonecznego na parametry fotoogniwa 99
5.5. Utrata mocy fotoogniw funkcji czasu pracy 100
5.6. Dioda bocznikująca fotoogniwo (by-pass) 100
6. Parametry osprzętu dodatkowego 103
6.1. Regulatory ładowania 103
6.1.1. Przykładowe rozwiązanie techniczne regulatora 103
6.1.2. Zadania realizowane przez regulator 104
6.2. Przetwornica napięcia (inwerter, falownik) 105
6.2.1. Inwerter w instalacji fotowoltaicznej 105
6.2.2. Falowniki jednofazowe 107
6.2.3. Falowniki trójfazowe 108
6.2.4. MPP traker 112
6.3. Centrala komunikacyjna 112
6.3.1. Zasada działania 112
6.3.2. Charakterystyka urządzeń 112
6.4. Sposób łączenia przewodów po stronie DC 114
6.5. Mierniki instalacji fotowoltaicznych 114
6.6. Ochrona odgromowa instalacji fotowoltaicznych 115
6.6.1. Ochrona odgromowa – rodzaje ochrony 116
6.6.2. Ochrona odgromowa – ochrona zewnętrzna 116
6.6.3. System ochronny instalacji PV bez zewnętrznej ochrony odgromowej (zwodów pionowych) – ochrona wewnętrzna 117

7. Odbiór instalacji 119
8. Awarie systemów fotowoltaicznych i ich eliminacja 120
9. Recykling modułów fotowoltaicznych 120
10. Przykłady zastosowania fotoogniw. 122
11. Wybrane przykłady instalacji fotowoltaicznych 122
12. Dobór i montaż baterii fotowoltaicznych 123
13. Przykładowy uzysk energetyczny fotoogniw 125
14. Wybrane układy połączeń fotoogniw 126
14.1. Sieć autonomiczna (wydzielona, off – grid) 126
14.2. Praca elektrowni PV na sieć „sztywną" (on – grid) 127
15. Montaż instalacji fotowoltaicznej 128
15.1. Systemy montażowe dla modułów skrzynkowych 128
15.1.1. Montaż na dachu spadzistym 128
15.1.2. Montaż ogniw PV na dachu płaskim lub płaszczyźnie poziomej 129
15.1.3. Sposoby montażu fotoogniw polimerowych elastycznych na dachu płaskim 130
15.2. Montaż fotoogniw „podążających za słońcem" 132
15.3. Wytyczne montażowe. 132
15.3.1. Warunki techniczne, projekt 132
15.3.2. Etapy realizacji budowy systemu fotowoltaicznego na dachu spadzistym 133
15.3.3. Odbiór instalacji 135
15.3.4. Awarie systemów fotowoltaicznych i ich eliminacja 136
16. BHP przy montażu instalacji fotowoltaicznych 136
16.1. Informacje ogólne 136
16.2. Przepisy bezpieczeństwa 137
16.3. Ochrona przeciwporażeniowa 137
16.4. Ochrona przeciwpożarowa. 137
16.5. Bezpieczeństwo wykonywania prac przy urządzeniach elektrycznych. . . . 137
16.6. Udzielanie pierwszej pomocy osobom porażonym prądem elektrycznym . 138
17. Struktura nakładów inwestycyjnych kosztów eksploatacyjnych dla elektrowni fotowoltaicznych 138
18. Wybrane wyniki badań modułów fotowoltaicznych. 139
18.1. Wybrane wyniki pomiarów 140
18.2. Zacienienie modułów zimą 144
18.3. Zmiana kąta położenia względem azymutu równym zero (kierunek południe). 146
18.4. Zmiana mocy modułu wraz ze zmianą kąta położenia względem płaszczyzny poziomej, zimą. 147
18.5. Wpływ temperatury na pracę modułów fotowoltaicznych. 148
18.6. Zacienienie modułów w okresie letnim 149
18.7. Zmiana kąta położenia względem azymutu równym zero (kierunek południe), latem 151
18.8. Zmiana kąta położenia modułu fotowoltaicznego względem płaszczyzny poziomej, latem 151
18.9. Wybrane wyniki badań instalacji fotowoltaicznej „podążającej za słońcem". 152
18.10. Wybrane wyniki pomiarów uzyskanych w Krakowie 154
19. Procedury formalno-prawne związane z budową instalacji fotowoltaicznej 156
20. Przykładowy projekt budowlano-wykonawczy 157
21. Analiza wstępna rentowności przykładowej domowej instalacji fotowoltaicznej o mocy znamionowej 4 kW 164
22. Kolektory słoneczne 167

22.1. Dane statystyczne . . . 167
22.2. Rodzaje i budowa kolektorów słonecznych . . . 168
22.2.1. Podział kolektorów . . . 168
22.3. Kolektory płaskie cieczowe . . . 169
22.4. Budowa kolektorów płaskich, bilans energii . . . 170
22.5. Przykładowe dane techniczne i charakterystyka identyfikacyjna kolektorów płaskich . . . 172
22.5.1. Kolektory płaskie w wykonaniu standardowym . . . 172
22.5.2. Kolektor płaski próżniowy . . . 173
22.6. Budowa próżniowych rurowych kolektorów słonecznych . . . 175
22.6.1. Kolektory próżniowe heat-pipe (gorąca rurka – ciepłowód) . . . 175
22.6.2. Kolektory próżniowe heat-pipe z pojedynczą rurą próżniową . . . 178
22.6.3. Kolektory próżniowe z U-rurą . . . 179
22.6.4. Kolektory rurowo-próżniowe „direct flow” . . . 180
22.7. Zwierciadło CPC . . . 181
22.8. Ogólna charakterystyka kolektorów próżniowych . . . 182
22.9. Kolektory słoneczne skupiające . . . 182
22.9.1. Refleksowo-próżniowy kolektor słoneczny „podążający za słońcem” . . . 183
22.10. Kolektor cieczowy wykonany w formie maty z propylenu . . . 184
22.11. Kolektor współpracujący z fotoogniwem . . . 185
22.12. Świadectwa poprawności wykonania kolektorów . . . 185
23. Słoneczne instalacje grzewcze . . . 185
23.1. Bezpośrednie i pośrednie . . . 186
23.1.1. Układ do podgrzewania wody bez zasobnika . . . 186
23.1.2. Układ do podgrzewania wody z zasobnikiem . . . 186
23.1.3. Pośrednie . . . 186
23.1.4. Układ pompowy . . . 187
24. Parametry techniczne instalacji solarnej do ogrzewania c.w.u., c.o., schematy . . . 188
24.1. Instalacja solarna dla ciepłej wody użytkowej i wspomagania ogrzewania budynku . . . 189
24.2. Przykładowe schematy systemów grzewczych wspomaganych kolektorami słonecznymi . . . 190
25. Typowe elementy słonecznej instalacji grzewczej . . . 198
25.1. Zbiorniki na wodę – charakterystyka ogólna . . . 198
25.2. Zbiorniki instalacji solarnej . . . 199
25.3. Przeciwdziałanie bakteriom Legionella Pneumophila w instalacji c.w.u. . . . 200
25.4. Wymiennik ciepła . . . 200
25.5. Zasobnik z jedną wężownicą . . . 201
25.6. Zasobniki z dwiema wężownicami . . . 201
25.7. Zasobnik płaszczowy . . . 202
25.8. Zasobniki kombinowane (multiwalentne) – typu zbiornik w zbiorniku . . . 203
25.9. Zasobnik termosyfonowy Logalux SL 300/S dla przygotowania c.w.u. . . . 203
26. Pompowe stacje solarne . . . 205
26.1. Stacja solarna dwudrogowa . . . 205
26.2. Jednodrogowa stacja solarna . . . 205
27. Pompa solarna . . . 206
28. Regulatory . . . 206
29. Zasilacz bezprzerwowy, awaryjny, UPS . . . 208
30. Czujniki temperatury . . . 208
31. Wymiennik płytowy . . . 209
32. Grzałka elektryczna . . . 210

33. Odpowietrznik instalacji solarnej 210
34. Złączka kompensacyjna 210
35. Rotametr 211
36. Manometr 211
37. Separator powietrza 212
38. Licznik ciepła (ciepłomierz) 212
39. Uchwyty dachowe kolektora i konstrukcje wolnostojące 213
40. Oblachowanie kolektorów 213
41. Naczynie wzbiorcze 214
42. Zawór bezpieczeństwa 217
43. Wykonanie instalacji rurowej 217
44. Izolacja cieplna instalacji solarnej 218
45. Węże solarne 218
46. Układ hydrauliczny instalacji solarnej 219
47. Montaż i instalacja kolektorów 219
47.1. Możliwości usytuowania kolektorów 219
47.2. Odległość między rzędami kolektorów 220
48. Wpływ ustawienia kolektora na jego parametry energetyczne 221
49. Instalacje do ciepłej wody użytkowej w budynkach indywidualnych 223
49.1. Dobór urządzeń do instalacji solarnej 223
49.1.1. Warunki konieczne do określenia powierzchni kolektorów słonecznych 223
49.1.2. Wyznaczenie całkowitych oporów przepływu w typowej instalacji 223
49.1.3. Pojemność instalacji 224
49.1.4. Zużycie energii w gospodarstwie domowym 224
50. Instalacja do podgrzewania wody basenowej 225
51. Łączenie kolektorów w instalacje o dużej powierzchni czynnej 227
52. Zalecenia eksploatacyjne 230
53. Przykłady montażu kolektorów słonecznych 230
54. Dobór wielkości instalacji 231
55. Dobór wielkości kolektora i zasobnika 231
56. Lokalizacja zasobników wody użytkowej i zbiorników akumulacyjnych 232
57. Instalacje do przygotowania c.w.u., oraz wspomagania c.o. w budynkach indywidualnych 233
57.1. Efektywność pracy kolektorów słonecznych 235
58. Napełnienie i odpowietrzenie instalacji solarnej 240
59. Instalacje wielkogabarytowe 241
59.1. Największa instalacja solarna w Polsce 241
59.2. Instalacja wielkogabarytowa z magazynem ciepła 242
60. Płaskie kolektory powietrzne 246
60.1. Zasada działania 246
60.2. Budowa 246
60.3. Konstrukcje kolektorów 248
60.4. Zalety i wady stosowania kolektorów słonecznych powietrznych 248
60.5. Rozwiązania konstrukcyjne instalacji 250
60.6. Sposoby rozdziału powietrza 252
60.7. Przykłady instalacji 252
60.7.1. Małe budynki 252
60.7.2. Mieszkania, pomieszczenia biurowe, szkoły, obiekty handlowe, itp. . . . 253
60.7.3. Systemy przemysłowe 254
60.7.4. Suszenie płodów rolnych 256
60.7.5. Przechowalnie płodów rolnych 256

60.7.6. Ogrzewanie pomieszczeń inwentarskich. 256
60.7.7. Podgrzewanie szklarni i tuneli foliowych 256
60.7.8. Ciepło technologiczne 257
60.8. Koszty i oszczędności wynikające ze stosowania dużych systemów solarnego podgrzewania powietrza 257
60.9. Podsumowanie 258
61. Badania nad wykorzystaniem energii słonecznej w instalacjach solarnych w laboratorium OŹE w ZSE nr 1 259
61.1. Analiza wybranych wyników badań instalacji solarnych w laboratorium OŹE w Zespole Szkół Elektrycznych nr 1 w Krakowie 259
62. Symulacyjne programy komputerowe 265
63. Bilans energetyczny wydajności instalacji solarnej na podstawie symulacji 266
64. Informacje techniczne oraz zasady BHP obowiązujące przy montażu kolektorów płaskich 272
64.1. BHP podczas montażu 272
64.2. Kompletność dostawy 273
64.3. Transport i składowanie 273
64.4. Dokumentacja techniczna 273
64.5. Narzędzia i sprzęt dodatkowy 273
64.6. Informacje ogólne 274
64.7. Odpowietrzanie solarnego obwodu pierwotnego 274
64.8. Prowadzenie rur solarnego obwodu pierwotnego 275
64.9. Podłączenie przewodów zbiorczych 275
64.10. Montaż kolektora 275
64.11. Połączenie kolektorów w baterię solarną 278
64.12. Napełnianie solarnego obwodu pierwotnego płynem solarnym 279
64.13. Odpowietrzenie instalacji 279
64.14. Prace izolacyjne 279
64.15. Przepisy bezpieczeństwa 280
64.16. Ochrona przeciwporażeniowa 280
64.17. Ochrona przeciwpożarowa 280
64.18. Bezpieczeństwo wykonywania prac przy urządzeniach elektrycznych . . . 280
64.19. Elektryczne okablowanie urządzenia 281
64.20. Zabezpieczenie przed uderzeniem pioruna (piorunochron) i wyrównywanie potencjałów 281
64.21. Uruchomienie 281
64.22. Wyłączanie/zatrzymanie 282
64.23. Kontrola instalacji 282
64.24. Eksploatacja instalacji solarnej do celów wspomagania ogrzewania budynku 282
64.25. Przegląd instalacji 282
64.26. Ważne informacje dla użytkownika instalacji 283
64.27. Warunki gwarancji 283
64.28. Najczęściej występujące usterki 284
65. Instrukcja montażu kolektorów rurowych próżniowych na dachu spadzistym i na powierzchni płaskiej 284
65.1. Instrukcja 284
65.2. Ogólne przepisy bezpieczeństwa 285
65.3. Wysokie temperatury 285

65.4. Elementy metalowe 285
65.5. Szklane rurki próżniowe. 285
65.6. Wyłączenia odpowiedzialności 286
65.7. Umiejscowienie kolektora – informacje ogólne. 286
65.7.1. Ukierunkowanie kolektora 286
65.7.2. Zapewnienie nasłonecznienia 287
65.7.3. Dostosowanie kąta nachylenia kolektora w celu zmniejszenia przegrzania. 287
65.7.4. Ustawienie głowicy kolektora 287
65.7.5. Lokalizacja w stosunku do zasobnika c.w.u. 287
65.8. Montaż kolektorów 287
65.8.1. Przepisy bezpieczeństwa 287
65.9. Montaż kolektorów na dachu spadzistym 288
65.10. Montaż kolektorów na powierzchni płaskiej 290
65.10.1. Informacje ogólne 290
65.10.2. Sposób montażu stojaków 290
65.10.3. Mocowanie kolektora na belkach poziomych 292
65.10.4. Kolejność postępowania 292
65.11. Hydraulika 293
65.11.1. Połączenia hydrauliczne 293
65.11.2. Dobór rur przyłączeniowych 294
65.11.3. Płyn solarny 294
65.11.4. Ciśnienia 294
65.11.5. Montaż czujnika temperatury 294
65.11.6. Odpowietrzanie instalacji 295
65.12. Ochrona odgromowa 295
66. Instalacje o większych powierzchniach 295
67. Treść przykładowej dokumentacji projektowej instalacji solarnej 296
68. Podsumowanie 298
69. Pytania, zadania kontrolne, dotyczące wykorzystania energii słonecznej 299
70. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią, standaryzowany . . 299

Rozdział II
ENERGIA CIEPLNA ZIEMI I POWIETRZA

1. Wstęp 303
1.1. Zasoby geotermalne 304
1.2. Źródła energii geotermalnej 304
1.3. Gejzery, jako źródła energii geotermalnej 305
1.4. Gorące suche skały – źródło energii geotermalnej 305
1.5. Parametry termodynamiczne wód geotermalnych 305
1.6. Sposoby wykorzystania energii geotermalnej 308
1.7. Dobrodziejstwa płynące z wykorzystania energii geotermalnej 309
1.8. Zagrożenia wynikające z wykorzystania energii geotermalnej 309
2. Przykłady wykorzystania energii geotermalnej 309
2.1. Bezpośrednie zastosowania energii geotermalnej 311
2.2. Bezpośrednie sposoby wykorzystania energii geotermalnej w Polsce 313
3. Elektrociepłownie geotermalne 314
3.1. Wykorzystanie energii geotermalnej w elektrociepłowniach 314
4. Wielkość i rozmieszczenie w Polsce zasobów wód geotermalnych 317

4.1. Prowincje i okręgi posiadające wody geotermalne 317
4.2. Charakterystyka złóż geotermalnych w Polsce 318
5. Przykładowe instalacje geotermalne w Polsce 320
5.1. Funkcjonujące ciepłownie geotermalne 320
5.2. Zakład w Mszczonowie 320
5.3. Ciepłownia w Pyrzycach 321
5.4. Geotermia na Podhalu 323
5.5. Pierwszy zakład geotermalny w Polsce 324
5.6. Schemat zagospodarowania wód geotermalnych w Bańskiej Niżnej 326
5.7. Kaskadowy system wykorzystania energii geotermalnej. 327
5.8. Geotermia Uniejów 327
5.9. System wykorzystania niskotemperaturowej wody geotermalnej do celów ciepłowniczych i konsumpcyjnych w mieście Słomniki 328
5.10. Ciepłownia geotermalna w Stargardzie Szczecińskim. 330
5.11. Plan wykorzystania energii geotermalnej w Polsce do roku 2030 330
6. Wnioski 331
7. Energia cieplna płytkich złóż geotermalnych 335
7.1. Właściwości gruntu 335
7.2. Metody badania gruntu. 339
8. Pompy ciepła 340
8.1. Informacje ogólne dotyczące pomp ciepła. 341
8.2. Budowa, zasada działania pompy ciepła 341
8.3. Ogólne warunki instalacji. 343
9. Dobór pompy ciepła (WP) dla c.o. (systemu grzewczego) 346
9.1. Określenie OZC – dokładne. 346
9.2. Określenie OZC – w przybliżeniu 347
9.3. Przybliżony OZC wg wskaźników. 347
9.4. Określenie systemu pracy układu grzewczego. 348
9.5. System monowalentny 348
8.6. System biwalentny – alternatywny 349
8.7. System biwalentny – równoległy monoenergetyczny 349
9.8. System biwalentny – częściowo-równoległy 350
9.9. System grzewczy z pompą ciepła. 350
10. Instalacje dolnego źródła ciepła WQA 351
10.1. Systemy powietrzne (powietrze/woda, powietrze/powietrze) 351
10.2. Systemy gruntowe poziome (solanka/woda) 354
10.3. Wymienniki gruntowe pionowe 361
10.4. Wody gruntowe 363
10.5. Wody geotermalne 364
10.6. Przykłady wykorzystania pomp ciepła w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym 364
10.6.1. Przemysł przetwórstwa mięsnego 365
10.6.2. Przemysł i przetwórstwo rolno-spożywcze 366
10.6.3. Ogrodnictwo i warzywnictwo 366
10.6.4. Zootechnika – odzysk ciepła 366
10.6.5. Rolnictwo 366
10.7. Charakterystyki pracy pomp ciepła 367
11. Górne źródło ciepła WNA. 368
12. Wybrane przykłady urządzeń do instalacji pomp ciepła. 369
12.1. Dolne źródło ciepła – grunt, instalacja solanka – woda. 369

12.2. Gruntowe pompy ciepła, instalacja woda – woda 372
12.3. Pompa ciepła z bezpośrednim odparowaniem czynnika 373
12.4. Dolne źródło ciepła – powietrze zewnętrzne 377
12.5. Wybrane wyniki badań pompy ciepła powietrze-woda 379
12.6. Pompy ciepła na powietrze wentylacyjne 382
13. Aspekty ekonomiczne zastosowania pomp ciepła i porównanie ich z innymi instalacjami grzewczymi 386
14. Analiza porównawcza kosztów uzyskania ciepłej wody użytkowej, centralnego ogrzewania przez pompę ciepła spirytus – woda, piec gazowy 388
15. Sezonowy współczynnik efektywności SPF 390
16. Wizualizacja pracy instalacji z pompą ciepła 391
17. Absorpcyjne pompy ciepła 392
17.1. Zasada działania 392
17.2. Współpraca pompy ciepła z instalacją solarną, chłodzenie przez grzanie . . 393
18. Wady i zalety pomp ciepła 394
19. Podsumowanie zagadnień związanych z pompami ciepła 395
20. Instalacje nawiewno-wywiewne z rekuperatorem w budynkach pasywnych. . . . 396
20.1. Charakterystyka budynków pasywnych 396
20.2. Instalacje nawiewno-wywiewne, informacje ogólne 401
20.3. Budowa, zasada działania instalacji nawiewno-wywiewnej 401
20.4. Projekt wstępny budynku jednorodzinnego pasywnego 411
20.5. Analiza opłacalności budowy domu pasywnego zeroenergetycznego. 419
21. Pytania, zadania kontrolne, dotyczące wykorzystania energii geotermalnej 419
22. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią, standaryzowany . . 420

Rozdział III
ENERGIA WIATRU

1. Wstęp 423
2. Wiatr i jego zasoby energetyczne 424
2.1. Wpływ czynników środowiskowych 425
2.2. Róża wiatrów 426
2.3. Zasoby 428
2.4. Szorstkość terenu 429
3. Podstawa działania elektrowni wiatrowej 431
3.1. Podstawowe informacje o krzywej mocy. 431
3.2. Parametry pracy siłowni wiatrowych. 432
3.3. Silniki wiatrowe 433
3.4. Lokalne oddziaływanie energetyki wiatrowej 436
4. Budowa elektrowni wiatrowej 437
4.1. Metody regulacji mocy oddawanej przez elektrownie wiatrowe. 439
4.1.1. Koncepcje pracy siłowni wiatrowej. 439
4.1.2. Regulacja ustawienia elektrowni w kierunku wiatru (Yaw Control). 439
4.1.3. Regulacja kąta ustawienia łopat (Active Pitch Regulation). 440
4.1.4. Regulacja przez zmianę prędkości obrotowej generatora 440
4.1.5. Regulacja przez zmianę obciążenia (Load Control) 441
4.1.6. Regulacja przez „przeciągnięcie” (Stall Regulation). 441
4.1.7. Regulacja lotkami łopat wirnika (Aileron Control). 441
4.2. Generatory 441
4.3. Krótka charakterystyka nowych konstrukcji elektrowni wiatrowych 443

5. Zainstalowana moc i sposób montażu, elektrowni wiatrowych 445
5.1. Wielkość mocy i energii, zainstalowanej w elektrowniach wiatrowych w UE . 445
5.2. Sposób montażu konstrukcji elektrowni wiatrowych 447
6. Etapy realizacji inwestycji budowy elektrowni wiatrowej 449
6.1. Faza wstępna 449
6.2. Faza zbierania danych szczegółowych 450
6.3. Faza ekonomiczna 451
6.4. Faza realizacji inwestycji i opracowania projektu techniczno-prawnego i finansowego inwestycji 451
6.5. Struktura kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych w przypadku energetyki wiatrowej 200-500 kW – rok 2013 452
7. Rozmieszczenie elektrowni pracujących w Polsce 453
7.1. Przeznaczenie pojedynczej elektrowni wiatrowej 454
7.1.1. Elektrownia wiatrowa V80 454
8. Optymalizacja warunków pracy silnika wiatrowego 455
9. Systemy sterowania w elektrowni wiatrowej 456
9.1. Sterowniki 456
9.2. Zdalne sterowanie 459
9.3. Sterowanie w małych elektrowniach wiatrowych 460
10. Małe elektrownie wiatrowe – charakterystyka 460
10.1. Elektrownia wiatrowa „Zefir-6” 5 kW 461
10.2. Turbina wiatrowa o mocy 1,5 kW 462
11. Wybrane wyniki badań, elektrowni wiatrowej ECO-H-1,5 kW 463
12. Mikroelektrownie wiatrowe z pionową osią obrotu 466
13. Wybrane wyniki badań, małej elektrowni wiatrowej 470
14. Programy do symulacji pracy elektrowni wiatrowych 472
15. Podsumowanie 472
16. Pytania, zadania kontrolne, dotyczące wykorzystania energii wiatru 475
17. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią, standaryzowany . . 475

Rozdział IV
ENERGIA WODY

1. Wstęp 477
2. Parametry elektrowni wodnych 478
3. Rozwiązania konstrukcyjne elektrowni wodnych 479
3.1. Budowle hydrotechniczne, elementy elektrowni wodnych, urządzenia mechaniczne 479
3.2. Elektrownie zbiornikowe i przepływowe 481
3.2.1. Elektrownie zbiornikowe – szczytowo-pompowe 482
3.2.2. Elektrownie wodne przepływowe 484
3.3. Wybrane przykłady 485
3.3.1. Elektrownia Małomice 485
3.3.2. Elektrownia Solina 485
4. Mała energetyka wodna 486
5. Zasada działania i budowa turbin wodnych 488
5.1. Rozwiązania współczesne z turbinami Francisa 489
5.2. Współczesne rozwiązania z turbinami Kaplana 490
5.3. Rozwiązania z turbinami Peltona 491
6. Prądnice elektryczne 491

6.1. Budowa i zasada działania prądnic asynchronicznych (indukcyjnych) 492
6.2. Prądnice synchroniczne (hydrogeneratory), budowa zasada działania 495
7. Regulatory turbin wodnych 497
7.1. Elektrohydrauliczny regulator prędkości obrotowej turbiny lub jej mocy . . 498
7.2. Rodzaje automatyzacji procesów ruchowych w MEW 498
8. Procesy ruchowe w MEW 499
8.1. Zakres i stopień automatyzacji procesów rozruchowych. 500
9. Sposoby automatyzacji procesów ruchowych MEW 502
9.1. Układ sterowania łopatek turbiny (USW) 502
9.2. Automatyczny regulator prędkości kątowej turbiny (ART). 502
9.3. Układ sterowania aparatu kierowniczego turbiny (USK) 502
9.4. Układ automatycznej regulacji napięcia prądnicy synchronicznej (ARN) . . 502
9.5. Automatyczny synchronizator prądnicy synchronicznej (ASG) 502
9.6. Układ automatycznego sterowania procesami rozruchowymi turbozespołu (USR) 503
9.7. Układ automatycznego sterowania procesami odstawiania turbozespołu (USO) 503
9.8. Układ automatycznej regulacji poziomu wody (ARP) 503
9.9. Auto operator (AOP) 504
9.10. Układ sterowania zamknięć wlotowych wody do turbiny (USZ) 504
9.11. Układ programujący pracę szczytową MEW (UPP) 504
9.12. Sterowanie prądnicami asynchronicznymi. 504
10. Sposoby przekazywania napędu z turbiny na prądnice 504
10.1. Bezpośrednie sprzęgnięcie wału z prądnicą. 504
10.2. Przekazywanie napędu przez przekładnie 505
10.3. Przekładnie pasowe 505
10.4. Przekładnie zębate 506
11. Pomocnicze wyposażenie mechaniczne 507
11.1. Kraty na ujęciach wody i ich czyszczenie 507
11.2. Zamknięcie dopływu wody do turbin. 507
11.3. Wyposażanie budynków elektrowni w dźwignice 508
12. Systemy pracy, zabezpieczeń, pomiary w MEW 509
12.1. Zabezpieczenia bloków z prądnicami synchronicznymi i transformatorowymi o mocy do 5000 kVA 510
12.2. Zabezpieczenia prądnic asynchronicznych o mocy do 250 kVA i napięciu do 1000 V, zasilających bezpośrednio szyny zbiorcze 511
12.3. Zabezpieczenia bloków, prądnica asynchroniczna – transformator o mocy do 250 kVA 511
12.4. Zabezpieczenia turbozespołów 511
12.5. Ochrona przeciwporażeniowa 512
12.6. Ochrona od przepięć oraz instalacje piorunochronne 514
12.7. Ochrona przeciwpożarowa. 515
12.8. Bezpieczeństwo wykonywania prac przy urządzeniach elektrycznych. . . . 515
12.9. Udzielanie pierwszej pomocy osobom porażonym prądem elektrycznym . 515
12.10. Sygnalizacja zakłóceń pracy 515
12.11. Pomiary 516
12.12. Potrzeby własne elektrowni 517
12.13. Uziomy. 518

13. Wybrane elementy dokumentacji małej elektrowni wodnej Zakopane – Olcza . . 518
13.1. Opis techniczny, charakterystyka elektrowni 518
14. Mikro elektrownie wodne 522
15. Etapy realizacji inwestycji budowy elektrowni wodnych 527
16. Podsumowanie 531
17. Pytania, zadania kontrolne, dotyczące wykorzystania energii wody 532
18. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią, standaryzowany . . 532

Rozdział V
ENERGIA BIOMASY

1. Pojęcie biomasy 535
2. Drewno, jako biopaliwo 538
2.1. Wierzba energetyczna 539
2.2. Gazyfikacja biomasy 541
2.3. Kotły do spalania drewna 547
2.4. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne kotłów do spalania drewna 550
2.5. Kotły małej mocy 552
2.6. Piec MS 552
2.7. Kotły dużej mocy 553
2.8. Budowa małych kotłów zgazowujących drewno 554
2.9. Kotły do spalania peletu 555
3. Piece kominkowe 555
3.1. Kominek z płaszczem wodnym 555
3.2. Kominek pracujący w systemie zintegrowanym 557
3.3. Ciepła woda z kominka 559
3.4. Montaż pieców kominkowych 560
3.5. Awaryjne zasilanie pompy 562
3.6. Wytyczne przed montażem turbokominka 563
3.6.1. Wytyczne hydrauliczne 563
3.6.2. Podczas instalowania urządzenia należy zwrócić uwagę na: 563
3.6.3. Wytyczne przeciwpożarowe 564
3.6.4. Wskazówki eksploatacyjne 564
3.6.5. Dobór turbokominka 564
3.6.6. Paliwo 564
3.6.7. Zadania centralki sterującej 565
3.6.8. Montaż przełącznika źródeł zasilania 565
3.6.9. Montaż zabezpieczenia termicznego 565
4. Słoma, jako biopaliwo 565
4.1. Kotły do spalania słomy 566
4.2. Kotły małej mocy na słomę 568
4.3. Kotłownie średniej mocy 570
4.4. Kotłownie dużej mocy 570
4.5. Peletowanie słomy 570
4.6. Maszyny do produkcji brykietów ze słomy 571
4.7. Wnioski 573
5. Osady ściekowe (analog torfu) i kotły na osady ściekowe 575
6. Biogaz 576

6.1. Biogazownie rolnicze 578
6.2. Biogazownie rolnicze oparte na procesie fermentacji metanowej 579
6.3. Wybrane zagadnienia z analizy porównawczej opłacalności ekonomicznej, biogazowni rolniczej 584
6.4. Charakterystyka pierwszej biogazowni rolniczej działającej w Polsce 588
6.5. Mała biogazownia rolnicza 590
6.5.1. Struktura produkcji 590
6.5.2. Budowa biogazowni 591
6.5.3. Przewidywane ilości wykorzystywanych surowców, materiałów, paliw, wody oraz energii 591
6.5.4. Sposób gromadzenia, transportowania i magazynowania odpadów przeznaczonych do produkcji biogazu 591
6.5.5. Rozwiązania chroniące środowisko 592
6.5.6. Charakterystyka procesu technologicznego i instalacja 592
6.6. Wnioski dotyczące perspektyw rozwoju biogazowni rolniczych 596
7. Biogaz z oczyszczalni ścieków 598
7.1. Gospodarka energią elektryczną i ciepłem na przykładzie oczyszczalni ścieków „Kujawy" w Krakowie 598
7.2. Opis działania oczyszczalni 599
7.3. Wytwarzanie biogazu 599
7.4. Generatory zasilane biogazem 599
8. Biogaz wysypiskowy z odpadów 601
8.1. Elektrociepłownia biogazowa – wysypisko Barycz 604
9. Skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej, ciepła i chłodu w oparciu o paliwa biogazowe – agregaty kogeneracyjne 607
9.1. Geneza 607
9.2. Zasada działania 607
9.3. Dobór agregatu 607
9.4. Wytwarzanie i sprzedaż chłodu w oparciu o ciepło z kogeneracji 608
9.5. Wynik ekonomiczny 609
9.6. Świadectwa pochodzenia dla CHP 610
9.7. Finansowanie 611
9.8. Turbiny gazowe Capstone 611
10. Wzbogacanie i oczyszczanie biogazu 614
10.1. Odsiarczanie biogazu – technologia 614
11. Główne zalety wykorzystania biogazu 615
12. Problemy wynikające z produkcji biogazu 615
13. Biopaliwa płynne 615
13.1. Bioetanol 617
13.2. Biodiesel 618
13.3 Biopłyny do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła 625
14. Współspalanie biomasy i paliw kopalnych 627
15. Elektrociepłownie wykorzystujące do spalania biomasę 630
16. Efekty ekonomiczne stosowania biomasy w energetyce 632
17. Możliwości produkcji energii z biomasy 632
18. Podsumowanie 634
19. Wymienniki do odzysku ciepła ze spalin (rekuperatory) 635
19.1. Przykłady zastosowań 636
19.2. Zasada działania rekuperatora EnergiQ 637
20. Pytania, zadania kontrolne, dotyczące wykorzystania energii biomasy 639
21. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią, standaryzowany . . 639

Rozdział VI
ENERGIA WODORU

1. Wykorzystywanie energii elektrycznej z fotoogniw, do elektrolizy wody 643
2. Ogniwa paliwowe (fuel cells) 643
3. Wyniki pomiarów uzyskane w laboratorium OŹE w ZSE nr 1 645
4. Otrzymywanie wodoru 646
5. Pytania, zadania kontrolne, dotyczące wykorzystania energii z wodoru 647
6. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią, standaryzowany . . . 647

Nauczyciele Izabela Góralczyk i Ryszard Tytko w czasie zajęć laboratoryjnych z uczniami ZSE nr 1 i studentami Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. 651

Zdjęcia przedstawiające wyposażenie laboratorium w ZSE nr 1 655

Literatura. 661