

Spis treści

Od autorów	11
Podziękowania	12
Wprowadzenie. Dokąd zmierzamy?	13
A. ASPEKTY TECHNICZNE	17
1. Wytwarzanie energii elektrycznej	18
1.1. Konwencjonalne źródła energii	20
1.1.1. Węgiel brunatny i kamienny	20
1.1.2. Gaz ziemny	24
1.1.3. Elektrownie jądrowe	26
1.1.4. Małe reaktory modułowe	29
1.2. Odnawialne źródła energii	31
1.2.1. Biomasa i biogaz	31
1.2.2. Elektrownie wodne	32
1.2.3. Elektrownie słoneczne	34
1.2.4. Elektrownie wiatrowe	35
1.3. Wykorzystanie wodoru	36
1.4. Najlepsze źródło energii	40
2. Bezpieczeństwo energetyczne	41
2.1. Energia elektryczna jako towar	41
2.2. Konieczność ciągłych dostaw	42
2.3. Jakość i niezawodność energii elektrycznej	42
2.4. Sektor elektroenergetyczny w Europie	43
2.5. Sektor elektroenergetyczny w Polsce	44
2.5.1. Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną	44
2.5.2. Wytwarzanie energii elektrycznej w Polsce	46
2.6. Rola odnawialnych źródeł energii	47
2.7. Bezpieczeństwo energetyczne	49
2.8. Dyspozycyjność i sterowalność	50
2.9. Ciągłość zasilania i adekwatność	51
2.10. Bilanse mocy i energii elektrycznej	52
2.10.1. Bilans mocy	52
2.10.2. Bilans energii elektrycznej	54
2.11. Samobilansowanie się źródeł odnawialnych	55
2.12. OZE w transformacji energetycznej	56
2.13. Wymuszone wyłączenia OZE	57
2.14. Nieefektywne wykorzystanie źródeł odnawialnych	60
2.15. Kiedy przychodzi flauta	61

2.16. Magazynowanie energii z OZE	63
2.17. Możliwe braki energii elektrycznej	64
2.18. Prognozy dla polskiego systemu elektroenergetycznego	65
2.19. Braki energii i stopnie zasilania	68
2.20. Możliwy udział OZE w produkcji energii elektrycznej	70
2.20.1. Przykłady godzinowych profili mocy	71
2.20.2. Założenia prowadzonych analiz	73
2.20.3. Wypełnianie celów OZE	74
2.20.4. Wymagane moce źródeł odnawialnych	75
2.20.5. Konieczne inwestycje	76
2.20.6. OZE w bilansowaniu zapotrzebowania na energię	77
2.20.7. Magazynowanie energii odnawialnej	78
3. Przesyłanie energii elektrycznej	80
3.1. Systemy przesyłowe	80
3.1.1. Sterowania przepływami energii elektrycznej	82
3.1.2. Praca linii w stanach normalnych	83
3.1.3. Wpływ generacji rozproszonej na system przesyłowy	84
3.2. Systemy dystrybucyjne	86
3.2.1. Schematy zastępcze linii niskiego i średniego napięcia	86
3.2.2. Straty napięcia, mocy i energii	87
3.3. Oddziaływanie OZE na rozpływy energii	88
3.3.1. Wojny prosumenckich falowników	88
3.3.2. Nowe warunki pracy sieci dystrybucyjnej	89
3.3.3. Przyłączanie nowych źródeł	92
3.3.4. Zasady przyłączania źródeł energii elektrycznej	93
3.3.5. Moce przyłączeniowe w systemie przesyłowym	93
3.3.6. Moce przyłączeniowe w systemach dystrybucyjnych	94
3.3.7. Odmowy przyłączeń	95
3.3.8. Przyłączanie prosumentów	96
3.3.9. Możliwości działania operatorów sieci	97
3.4. Jakość i niezawodność energii elektrycznej	98
3.4.1. Kategorie odbiorników	99
3.4.2. Wpływ jakości energii na odbiorców	99
3.5. Linie prądu stałego	101
3.6. Elektryczne sprzęgła <i>back-to-back</i>	103
3.7. Wielotorowe, wielonapięciowe linie napowietrzne	104
3.8. Linie bezpośrednie	105
3.9. Klastry energii	106
3.10. Energetyka rozproszona w systemie elektroenergetycznym	109
3.11. Połączenie z sąsiednimi systemami	111
3.12. Przepływy kołowe	113

4. Magazyny energii	114
4.1. Kategorie magazynów energii	115
4.2. Magazyny wodorowe	116
4.3. Przyszłość magazynów energii	117
4.4. Wykorzystanie magazynów energii	117
4.5. Magazyny energii w systemie przesyłowym	119
4.6. Magazyny energii w systemie dystrybucyjnym	124
4.6.1. Magazyny energii przy farmach wiatrowych	124
4.6.2. Magazyny energii w przemyśle	125
4.7. Prosumenckie magazyny energii	126
B. ASPEKTY EKONOMICZNE	133
5. Koszt energii elektrycznej	134
5.1. Taryfowanie energii elektrycznej	134
5.2. Składniki opłat za energię elektryczną	136
5.2.1. Koszty produkcji energii elektrycznej	136
5.2.2. Opłaty przesyłowe	137
5.3. Składowe kosztów wytwarzania energii elektrycznej	138
5.3.1. Koszty stałe	139
5.3.2. Wpływ czasu pracy na koszty energii elektrycznej	141
5.3.3. Koszty operacyjne w elektrowniach konwencjonalnych	142
5.3.4. Koszty energii jądrowej	146
5.3.5. Koszt odnawialnych źródeł energii	146
5.3.6. Koszty magazynów energii	148
5.4. Koszty przesyłania energii elektrycznej	152
5.4.1. Składniki G i L w taryfach	152
5.4.2. Struktura kosztów przesyłania energii elektrycznej	153
5.4.3. Zniekształcenie stawek przesyłowych	153
5.4.4. Opłata przejściowa	154
5.5. Odnawialne źródła energii	155
5.5.1. Zielone certyfikaty	155
5.5.2. System taryfowy dla źródeł odnawialnych – aukcje OZE	157
5.5.3. Inne subsydia	159
5.6. Rynki mocy	160
5.7. Podatki i akcyza	163
5.7.1. Podatek VAT	163
5.7.2. Akcyza na energię elektryczną	164
5.8. Koszty zakupu pozwoleń na emisję dwutlenku węgla	165
5.9. Wartość rynkowa energii z OZE	168
5.10. OZE na Rynku Dnia Następnego	172
5.11. Błędy prognoz OZE	174
5.12. Koszty rezerw mocy	175

5.13. Rezerwy mocy dla OZE	177
5.13.1. Kontraktowanie rezerw mocy	177
5.13.2. Płatności za kontrakty mocy	178
5.13.3. Działanie OZE z kontraktami na rezerwy mocy	179
6. Rynki energii elektrycznej	182
6.1. Rynek hurtowy	183
6.2. Rynek detaliczny	184
6.3. Zasięg rynków	184
6.4. Reakcje rynków na zmienność podaży i popytu	185
6.4.1. Ceny gazu ziemnego w Europie	185
6.4.2. Ceny węgla kamiennego w Europie	186
6.4.3. Ceny energii elektrycznej w Polsce	188
6.5. Główne struktury rynków energii elektrycznej	190
6.5.1. Rynek energii elektrycznej typu <i>pool</i>	190
6.5.2. Rynek bilateralny	192
6.6. Zasady handlu energią elektryczną	192
6.6.1. Miedziana płyta	192
6.6.2. Cechy energii jako towaru	193
6.6.3. Rynki tylko energii	195
6.6.4. Cena krańcowa czy cena ofertowa?	196
6.7. Giełdy energii	197
6.7.1. Rynki dnia następnego i bieżącego	198
6.7.2. Rynki kontraktowe	199
6.7.3. Kontrakty hedgingowe	200
6.7.4. Obligo giełdowe	202
6.7.5. Mechanizm tworzenia się wysokich cen	202
6.8. Rynki bilansujące	203
6.8.1. Zasady działania rynku bilansującego	203
6.8.2. Struktura rynku bilansującego	205
6.8.3. Bilansowanie handlowe	206
6.8.4. Oferty bilansujące	208
6.8.5. Równoważenie rzeczywistego zapotrzebowania z produkcją	210
6.8.6. Ograniczenia w przesyłaniu i ich usuwanie	211
6.9. Rynek detaliczny	212
6.9.1. Uprzywilejowana pozycja odbiorcy – TPA	212
6.9.2. Podmiot bilansujący	213
6.9.3. Sprzedawca zobowiązany	214
6.9.4. Umowy na energię elektryczną	215
7. Koszty funkcjonowania systemu elektroenergetycznego	217
7.1. Podstawy ekonomicznej efektywności inwestycji	217
7.1.1. Prosty okres zwrotu	217

7.1.2. <i>Net Present Value</i> – NPV	218
7.1.3. Metody zdyskontowane obliczania czasu zwrotu z inwestycji	218
7.2. Koszty niedostarczonej energii elektrycznej	221
7.2.1. Ceny maksymalne i minimalne	221
7.2.2. Koszty niedostarczonej energii	221
7.2.3. Opłacalność stosowania magazynów energii	225
7.3. Koszty transformacji energetycznej	227
7.3.1. Wyniki analiz	228
7.3.2. Główne składniki kosztów	228
7.3.3. Nakłady skumulowane	229
7.3.4. Podsumowanie kosztów transformacji energetycznej	229
C. ASPEKTY SPOŁECZNE, ŚRODOWISKOWE I REGULACYJNE	231
8. Energetyka a klimat	232
8.1. Zmiany klimatu	232
8.2. Czynniki wpływające na zmianę klimatu	234
8.3. Antropogeniczne źródła emisji	236
8.4. Polityka klimatyczno-energetyczna na świecie	240
8.5. Polityka klimatyczno-energetyczna w Unii Europejskiej	242
8.6. Normy emisji	244
9. Energetyka a społeczeństwo	246
9.1. Zatrudnienie w energetyce	246
9.1.1. Zatrudnienie w branży OZE	247
9.1.2. Sprawiedliwa transformacja	248
9.2. Społeczna odpowiedzialność energetyki (CSR i ESG)	252
9.3. Wpływ społeczeństwa na energetykę	253
9.4. Niezależność energetyczna państw	257
9.4.1. Zależność od wiedzy i technologii	258
9.4.2. Zależność od paliw	261
9.4.3. Zależność od importu energii elektrycznej	265
10. Energetyka a środowisko	267
10.1. Energetyka konwencjonalna	267
10.2. Energetyka wiatrowa	269
10.2.1. Rozwój energetyki wiatrowej	269
10.2.2. Protesty i ustawa 10H	270
10.2.3. Hałas farm wiatrowych	270
10.2.4. Stanowisko Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego – Państwowego Zakładu Higieny	271
10.2.5. Migotanie cienia	272
10.2.6. Propozycje regulacji prawnych	272
10.2.7. Wiatraki morskie	273
10.3. Panele PV	274

10.4. Biogazownie	274
10.5. Spalanie biomasy	274
10.6. Elektrownie wodne	275
10.7. Energetyka jądrowa	276
10.7.1. Three Mile Island	276
10.7.2. Czarnobyl	276
10.7.3. Fukushima	277
10.8. Rekultywacja i recykling	277
10.8.1. Energetyka konwencjonalna	278
10.8.2. Energetyka odnawialna	280
Podsumowanie	282
Bibliografia	283
Spis rysunków	291
Spis tabel	294