

**Farmy wiatrowe w systemie elektroenergetycznym / Zbigniew Lubośny.  
– wyd. 1, 1 dodruk (PWN). – Warszawa, 2016**

Spis treści

<b>Przedmowa</b>	<b>XI</b>
<b>Oznaczenia</b>	<b>XV</b>
<b>1. Wiatr jako źródło energii</b>	<b>1</b>
1.1. Wiatr i jego zmienność	1
1.2. Zasoby energetyczne wiatru	5
1.3. Wykorzystanie energii wiatru	11
1.4. Analiza ekonomiczna opłacalności inwestycji w farmę wiatrową	20
<b>2. Elektrownie wiatrowe</b>	<b>31</b>
2.1. Elektrownie wiatrowe - konstrukcja	31
2.2. Turbiny wiatrowe	40
2.2.1. Moc strumienia wiatru	40
2.2.2. Moc mechaniczna uzyskiwana z wiatru	41
2.2.3. Regulacja mocy przez sterowanie kątem nachylenia łopat	47
2.2.4. Regulacja mocy przez wykorzystanie efektu przeciągania	48
2.2.5. Dynamika turbiny wiatrowej	49
2.2.6. Układ przeniesienia napędu	52
2.3. Układy sterowania elektrowni wiatrowych	56
2.3.1. Ogólna struktura układu sterowania elektrowni wiatrowej	56
2.3.2. Sterowanie nadrzędne elektrowni wiatrowej	68
2.3.3. Sterowanie turbiną elektrowni wiatrowej	70
2.3.4. Sterowanie generatorem elektrowni wiatrowej	72
2.3.4.1. Generator asynchroniczny ze sterowaną rezystancją w obwodzie wirnika	72
2.3.4.2. Generator asynchroniczny z kaskadą nadsynchroniczną	75
2.3.4.3. Generator asynchroniczny dwustronnie zasilany	77
2.3.4.4. Generator synchroniczny	81
2.4. Automatyka zabezpieczeniowa elektrowni wiatrowych	84
<b>3. Praca elektrowni wiatrowych w systemie elektroenergetycznym</b>	<b>90</b>
3.1. Wstęp	90
3.2. Elektrownia wiatrowa w systemie elektroenergetycznym	92
3.3. Lokalizacja elektrowni wiatrowej w systemie elektroenergetycznym	101
3.4. Wahania napięcia	103
3.5. Migotanie światła	116
3.6. Harmoniczne prądów i napięć	123

3.7. Straty mocy	124
<b>4. Farmy wiatrowe</b>	<b>130</b>
4.1. Farmy wiatrowe - struktura	130
4.2. Układy sterowania farm wiatrowych	136
4.3. Automatyka zabezpieczeniowa farm wiatrowych	140
<b>5. Praca farm wiatrowych w systemie elektroenergetycznym</b>	<b>158</b>
5.1. Zmiany strukturalne systemów elektroenergetycznych	158
5.2. Lokalizacja farmy wiatrowej w systemie elektroenergetycznym	162
5.3. Farma wiatrowa w systemie elektroenergetycznym	165
5.4. Przesłanianie elektrowni wiatrowych w farmie	171
5.5. Wpływ farmy wiatrowej na jakość energii	174
5.6. Stabilność systemu elektroenergetycznego z farmami wiatrowymi	181
5.7. Minimalizacja wahań mocy czynnej na wyjściu farmy wiatrowej	188
<b>6. Regulacja napięcia i mocy biernej w systemie elektroenergetycznym</b>	<b>194</b>
6.1. System elektroenergetyczny jako obiekt sterowania	194
6.2. Regulacja napięcia	196
6.2.1. Wprowadzenie	196
6.2.2. Regulacja generatorami synchronicznymi	198
6.2.3. Regulacja transformatorami	205
6.3. Nadrzędna regulacja napięcia i mocy biernej	208
6.3.1. Wprowadzenie	208
6.3.2. Nadrzędna regulacja węzła elektrownianego	210
6.3.3. Nadrzędna regulacja węzła transformatorowego	215
6.4. Koncepcja wykorzystania farm wiatrowych w procesie regulacji napięcia i mocy biernej	218
6.5. Farmy wiatrowe w procesie regulacji napięć i mocy biernej	221
6.5.1. Zjawiska napięciowe w farmie wiatrowej	221
6.5.2. Obszar dopuszczalnych stanów pracy farmy wiatrowej	229
6.5.3. Stabilność napięciowa w systemie z farmą wiatrową	237
6.5.4. Algorytm sterowania farmą wiatrową	251
6.6. Farmy wiatrowe w układach regulacji nadrzędnej	256
6.6.1. Wprowadzenie	256
6.6.2. Farmy wiatrowe w układzie nadrzędnej regulacji węzłów elektrownianych	257
6.6.3. Farmy wiatrowe w układzie nadrzędnej regulacji węzłów sieciowych	260
<b>7. Regulacja częstotliwości i mocy czynnej w systemie elektroenergetycznym</b>	<b>262</b>
7.1. Wprowadzenie	262
7.2. Wahania mocy czynnej i częstotliwości w systemie elektroenergetycznym	263

7.3. Regulacja pierwotna	267
7.3.1. Charakterystyka częstotliwościowa systemu elektroenergetycznego	267
7.3.2. Praca równoległa systemów elektroenergetycznych	274
7.3.3. Wahania częstotliwości w systemie z elektrowniami wiatrowymi	276
7.3.4. Realizacja techniczna procesu regulacji pierwotnej	278
7.4. Regulacja wtórna	285
7.4.1. Realizacja procesu regulacji wtórnej	285
7.4.2. Regulator centralny częstotliwości i mocy wymiany	286
7.4.3. Regulacja częstotliwości w połączonych systemach elektroenergetycznych	289
7.5. Wymagania UCTE w zakresie regulacji częstotliwości	292
7.6. Koncepcja wykorzystania farm wiatrowych w procesie regulacji częstotliwości i mocy czynnej	296
7.7. Farmy wiatrowe w procesie regulacji częstotliwości i mocy czynnej	301
7.7.1. Algorytm sterowania farmą wiatrową	301
7.7.2. Udział farm wiatrowych w ramach regulacji pierwotnej i wtórnej	305
<b>8. Obrona i odbudowa systemu elektroenergetycznego</b>	<b>314</b>
8.1. Udział farm wiatrowych w awariach systemowych	314
8.2. Koncepcja wykorzystania farm wiatrowych w obronie systemu elektroenergetycznego	319
8.3. Farmy wiatrowe w obronie systemu elektroenergetycznego	322
<b>9. Wymagania stawiane farmom wiatrowym</b>	<b>327</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>340</b>
<b>Skorowidz</b>	<b>345</b>