

Spis treści

Przedmowa.....XI

OznaczeniaXV

1.Wiatr jako źródło energii 1

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

2.Elektrownie wiatrowe 31

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

3.Praca elektrowni wiatrowych w systemie elektroenergetycznym 90

3.1.... Wstęp JJ

3.2. Elektrownia wiatrowa w systemie elektroenergetycznym

3.3 Lokalizacja elektrowni wiatrowej w systemie elektroenergetycznym 101

3.4 Wahania napięcia 103

3.5 Migotanie światła 116

3.6.Harmoniczne prądów napięć 123

3.7 Straty mocy 124

4.Farmy wiatrowe 130

4.1.Farmy wiatrowe - struktura 130

4.2.Układy sterowania farm wiatrowych 136

4.3.Automatyka zabezpieczeniowa farm wiatrowych 140

5.Praca farm wiatrowych w systemie elektroenergetycznym **158**

- 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

6.Regulacja napięcia i mocy biernej w systemie elektroenergetycznym **194**

- 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
- 6.3.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

7.Regulacja częstotliwości i mocy czynnej w systemie elektroenergetycznym **262**

- 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	28*)
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
8.	Obrona i odbudowa systemu elektroenergetycznego	314
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
9.	Wymagania stawiane farmom wiatrowym	327
	Bibliografia	340
	Skorowidz	 345