

Spis treści

Wstęp	7
1. Ogólna charakterystyka wykorzystania energii konwencjonalnej i odnawialnej oraz ich wpływ na środowisko przyrodnicze.....	9
1.1. Struktura zużycia energii na świecie.....	9
1.2. Wpływ wytwarzania energii na środowisko przyrodnicze	12
1.3. Energia odnawialna w Polsce i Unii Europejskiej – uwarunkowania rozwoju	15
1.4. Aspekty prawne rozwoju energetyki odnawialnej w Unii Europejskiej i w Polsce.....	18
1.5. Mechanizmy wsparcia energetyki opartej na odnawialnych źródłach energii	22
1.6. Stan rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce.....	28
1.7. Energia odnawialna w Unii Europejskiej.....	35
1.8. Prognozy rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce	38
1.9. Prognozy rozwoju energetyki odnawialnej w Unii Europejskiej	39
1.10. Energetyka wiatrowa	44
1.10.1. Rozwój energetyki wiatrowej na świecie	44
1.10.2. Liderzy rynku energetyki wiatrowej w Europie.....	46
1.10.3. Dostawcy technologii służących energetyce wiatrowej	50
1.10.4. Prognozy rozwoju energetyki wiatrowej	51
1.10.5. Oddziaływanie na środowisko przyrodnicze elektrowni wiatrowych	52
1.10.6. Zasoby energii wiatrowej w Polsce	53
1.10.7. Moc zainstalowana w energetyce wiatrowej w Polsce.....	56
1.10.8. Niezbędne do podjęcia działania w zakresie rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce.....	58
2. Obecny stan metrologii parametrów energetycznych wiatru	60
2.1. Urządzenia do pomiaru i zapamiętywania parametrów energetycznych wiatru	61
2.1.1. Urządzenie do pomiaru warunków meteorologicznych produkcji Zootechnika – Kraków.....	61
2.1.2. Terenowa stacja meteorologiczna LB-741	62

2.1.3. System pomiaru i rejestracji kierunku, prędkości wiatru oraz temperatury – ARTMAN	63
2.1.4. Stacja pomiarowa NOMAD	64
2.1.5. Rejestrator – Dataloger EKO21 firmy EKOPOWER.....	65
2.1.6. Rejestrator firmy AMMONIT – WICOM32	66
2.1.7. Rejestrator firmy NRG-SYSTEMS – Symphonie	67
2.1.8. Symulator elektrowni wiatrowej SEW8051 z 1993 roku	68
2.1.9. Zestawienie oferty rynkowej stacji pomiarowych	70
2.2. Opis stosowanych czujników.....	72
2.2.1. Anemometry – czujniki prędkości wiatru.....	72
2.2.2. Czujniki kierunku wiatru.....	73
2.2.3. Zintegrowane czujniki prędkości i kierunku wiatru	74
2.2.4. Czujniki temperatury.....	75
2.2.5. Czujniki ciśnienia atmosferycznego.....	75
2.3. Maszty pomiarowe – konstrukcja i sposób montażu.....	76
2.4. Oprogramowanie wykorzystywane do oceny zasobów energetycznych wiatru	77
2.4.1. WAsP	82
2.4.2. WAsP Engineering	82
2.4.3. Wind Farm.....	82
2.4.4. Wind Farmer	83
2.4.5. Wind Pro	83
2.4.6. Wind Sim.....	84
2.4.7. Site Wind.....	84
2.4.8. Oprogramowanie służące mapowaniu wiatru	84
2.5. Wymagania stawiane systemom pomiaru i rejestracji parametrów energetycznych wiatru.....	86
3. Doświadczalny system pomiaru i rejestracji parametrów energii wiatru.....	90
3.1. Założenia projektowe urządzenia rejestrującego.....	91
3.2. Rozwiązanie układowe urządzenia	92
3.2.1. Zespół zasilacza	93
3.2.2. Jednostka centralna rejestratora	94
3.2.3. Dekoder adresowy i zespół portów wejścia–wyjścia.....	96
3.2.4. Klawiatura i wyświetlacz LCD	97
3.2.5. Pamięć EEPROM.....	98
3.2.6. Zegar czasu rzeczywistego.....	99
3.2.7. Dodatkowe wyposażenia rejestratora.....	100
3.2.7.1. Układy wejściowe	100
3.2.7.2. Interfejs współpracy z monitorem LCD.....	100
3.3. Oprogramowanie jednostki centralnej rejestratora.....	101
3.4. Czytnik pamięci EEPROM	111
3.4.1. Konstrukcja czytnika pamięci EEPROM.....	111
3.4.2. Oprogramowanie czytnika pamięci EEPROM	113
3.5. Ekran LCD	117

3.5.1. Realizacja układu ekranu LCD.....	117
3.5.2. Oprogramowanie kontrolera sterującego wyświetlaniem danych pomiarowych na ekranie LCD.....	121
3.6. Przetwarzanie danych za pomocą komputera PC	121
3.7. Zestaw czujników pomiarowych	126
3.7.1. Przetwornik prędkości wiatru.....	126
3.7.2. Wskaźnik kierunku wiatru	131
3.7.3. Miernik temperatury.....	131
3.7.4. Miernik ciśnienia atmosferycznego	133
4. Laboratoryjny system symulacji warunków wiatrowych	135
4.1. Czujniki stosowane w laboratorium	142
4.1.1. Przetwornik prędkości wiatru.....	143
4.1.2. Czujnik temperatury.....	144
4.1.3. Czujnik ciśnienia atmosferycznego.....	144
4.2. Przesyłanie danych wynikowych do nadajnika strony internetowej	145
4.3. Oprogramowanie do przesyłania danych do bazy SQL	146
4.4. Oprogramowanie do wizualizacji wyników pomiarów na www	147
4.4.1. Witryna internetowa.....	147
4.4.2. Aplet	148
4.4.3. Kalkulator energii wiatru	149
5. Terenowa stacja pomiaru i rejestracji parametrów energetycznych wiatru	151
5.1. Urządzenie rejestrujące przystosowane do pracy na maszcie pomiarowym w warunkach atmosferycznych.....	152
5.2. Konsola obserwacyjno-sterująca.....	153
5.3. Oprogramowanie rejestratora.....	155
5.4. Miernik kierunku wiatru o rozdzielczości pomiaru 22,5°	157
5.5. Realizacja rozwiązania sprzętowego	160
5.5.1. Interfejs modułu GSM.....	160
5.5.2. Moduł GSM G-18	161
5.5.3. Zapis danych do pamięci nieulotnej EEPROM	162
6. Wyniki eksploatacji urządzenia doświadczalnego	166
6.1. Parametry energetyczne wiatru.....	166
6.2. Badanie wpływu czasu uśredniania pomiarów prędkości wiatru na określenie energii wiatru	168
6.3. Badanie wpływu dokładności pomiaru prędkości wiatru na obliczaną wielkość energii wiatru	176
6.4. Badanie wpływu pomiaru gęstości powietrza na obliczaną wielkość energii wiatru	181
6.5. Badanie wpływu dokładności pomiaru prędkości wiatru, pomiaru gęstości powietrza oraz zmian kierunku wiatru na wydajność energetyczną elektrowni wiatrowej.....	187
6.5.1. Wpływ dokładności pomiaru prędkości wiatru na efektywność energetyczną elektrowni wiatrowej	195

6.5.2. Wpływ uwzględniania rzeczywistej gęstości powietrza na efektywność energetyczną elektrowni wiatrowej	198
6.5.3. Wpływ zmian kierunku wiatru na efektywność energetyczną elektrowni wiatrowej	199
7. Wykorzystanie danych pomiarowych do tworzenia atlasu wiatru okolic Krakowa	203
7.1. Metody oceny zasobów energetycznych wiatru.....	203
7.2. Charakterystyka głównych parametrów energii wiatru.....	205
7.2.1. Moc i energia wiatru	205
7.2.2. Wpływ prędkości wiatru na moc i energię wiatru	209
7.2.3. Wpływ gęstości powietrza na moc wiatru	210
7.2.4. Zależność prędkości wiatru od wysokości nad powierzchnią gruntu	210
7.2.5. Szorstkość terenu	213
7.2.6. Wpływ ukształtowania terenu i przeszkód terenowych na prędkość wiatru	214
7.2.7. Charakterystyka kierunku wiatru	218
7.3. Metodyka atlasu wiatru – program WAsP	219
7.3.1. Zasada działania programu WAsP	219
7.3.2. Dokładność uzyskiwanych wyników	220
7.3.3. Opis terenu	222
7.3.4. Zaslona w postaci budynków i naturalnych przeszkód	224
7.3.5. Dane o prędkości wiatru.....	224
7.4. Regionalne warunki wiatrowe okolic Krakowa.....	226
7.4.1. Cyfrowa mapa orograficzna terenu.....	226
7.4.2. Mapa szorstkości terenu	228
7.4.3. Dane pomiarowe prędkości i kierunku wiatru (obserwowane warunki wiatrowe)	229
7.4.4. Atlas wiatru Krakowa i jego okolic	232
Literatura	237