

SPIS TREŚCI

Wstęp	3
ROZDZIAŁ PIERWSZY WIADOMOŚCI OGÓLNE	9
1. Składowe promieniowania słonecznego	10
2. Rejonizacja zasobów energii słonecznej w Polsce i na świecie	13
3. Zasady konwersji promieniowania słonecznego	16
4. Sposoby rozliczania energii wprowadzanej do sieci – sytuacja prawna	20
5. Podstawy stosowania systemów słonecznych	23
5.1. Przepisy krajowe	23
5.2. Ogólne przepisy BHP	24
5.3. Przepisy BHP – prace na wysokości	25
5.4. Podstawowe normy dotyczące modułów fotowoltaicznych	25
5.5. Certyfikacja	26
5.5.1. Certyfikacja systemów fotowoltaicznych	26
5.5.2. Certyfikacja instalatorów OZE w świetle obowiązującego prawa	27
ROZDZIAŁ DRUGI SYSTEMY FOTOWOLTAICZNE	31
1. Rodzaje ogniw i modułów fotowoltaicznych	32
1.1. Ogniwa I generacji	32
1.1.1. Ogniwa krzemowe monokrystaliczne	32
1.1.2. Ogniwa polikrystaliczne	33
1.1.3. Wybrane technologie podnoszące wydajność modułów PV z krzemu krystalicznego	34
1.1.4. Efektywne techniki prowadzenia kontaktów w ogniwach PV	35
1.2. Ogniwa II generacji (cienkowarstwowe)	37
1.2.1. Ogniwa cienkowarstwowe z krzemu amorficznego	38
1.2.2. Ogniwa CIS/CIGS	38
1.2.3. Ogniwa CdTe	40
1.3. Ogniwa z arsenku galu	40
1.4. III generacja ogniw fotowoltaicznych	40
1.4.1. Ogniwa perowskitowe	41
1.5. Inne technologie wykorzystywane w systemach PV	41
1.6. Charakterystyka prądowo-napięciowa ogniw	42
2. Systemy i instalacje fotowoltaiczne	44
2.1. Charakterystyka instalacji fotowoltaicznych	44
2.2. Typy systemów fotowoltaicznych	45

2.2.1.	Typy systemów fotowoltaicznych w zależności od sposobu podłączenia do sieci	45
2.2.1.1.	Systemy autonomiczne (off-grid)	46
2.2.1.2.	Systemy połączone z siecią elektroenergetyczną (on-grid i hybrydowe)	47
2.2.2.	Typy systemów fotowoltaicznych w zależności od sposobu montażu	48
2.3.	Charakterystyka i dobór podstawowego osprzętu.....	50
2.3.1.	Falowniki (tzw. inwertery lub przetwornice napięcia)	50
2.3.1.1.	Podział falowników	53
2.3.1.2.	Dobór falownika	53
2.3.1.3.	Możliwości techniczne	55
2.3.2.	Regulatory ładowania	55
2.3.2.1.	Dobór regulatora.....	56
2.3.3.	Zabezpieczenia.....	56
2.3.4.	Akumulatory.....	59
2.3.5.	Przewody i złącza elektryczne	61
2.4.	Ochrona odgromowa.....	63
3.	Informacje dodatkowe	67
3.1.	Spadek sprawności modułów fotowoltaicznych	67
3.2.	Wpływ zacielenia na pracę systemu fotowoltaicznego.....	69
3.3.	Hybrydowe moduły PVT.....	70
3.4.	Hybrydowe systemy produkcji energii elektrycznej	71
4.	Montaż, obsługa i konserwacja instalacji PV	72
4.1.	Bezpieczeństwo podczas montażu modułów fotowoltaicznych	73
4.2.	Warunki montażu.....	74
4.3.	Sposoby łączenia modułów PV	75
4.4.	Montaż modułów fotowoltaicznych.....	76
4.4.1.	Montaż na powierzchniach płaskich	77
4.4.2.	Montaż na dachach skośnych.....	79
4.4.3.	Montaż ze względu na zacielenie.....	80
4.5.	Konserwacja	80
4.6.	Badania termowizyjne systemów fotowoltaicznych	81
4.7.	Najczęstsze błędy montażowe	83
4.8.	Uruchomienie systemu fotowoltaicznego.....	84
4.9.	Zaawansowane systemy fotowoltaiczne – optymalizacja mocy	84
5.	Wsparcie projektowania w aplikacji PVGIS.....	88
5.1.	Photovoltaic Geographical Information System – Interactive Maps	88

5.2.	Obliczanie uzysków dla ogniw połączonych z siecią (PV Estimation).....	89
5.3.	Promieniowanie miesięczne (Monthly radiation)	91
5.4.	Promieniowanie dzienne (Daily radiation)	92
5.5.	Systemy wyspowe (Stand-alone PV)	93
6.	Audyt i wizja lokalna przed montażem	94
7.	Przykład	111
7.1.	System współpracujący z siecią (on-grid)	111
7.2.	System autonomiczny (off-grid)	116
8.	Pomiary instalacji fotowoltaicznych	121
8.1.	Pomiary podstawowe (kategoria I)	123
8.1.1.	Pomiar ciągłości połączeń ochronnych	123
8.1.2.	Opcjonalny pomiar rezystancji uziemienia	124
8.1.3.	Rezystancja izolacji przewodów	125
8.1.4.	Kontrola polaryzacji, napięcie obwodu otwartego i prąd zwarcia	126
8.1.5.	Sprawdzenie funkcjonalne prawidłowego działania instalacji fotowoltaicznej	127
8.2.	Pomiary rozszerzone (kategoria II)	127
8.2.1.	Charakterystyka prądowo-napięciowa	127
8.2.2.	Pomiary środowiskowe	128
8.2.3.	Badania kamerą termowizyjną	130
8.3.	Podsumowanie	130
9.	Testy kontrolne	131
ROZDZIAŁ TRZECI PODSTAWY ELEKTROTECHNIKI		139
	Wstęp	140
1.	Podstawy	141
1.1.	Rodzaje obwodów elektrycznych	142
1.2.	Wartość skuteczna prądu przemiennego	143
1.3.	Moc i energia	143
1.3.1.	Obwody prądu stałego	143
1.3.2.	Obwody prądu przemiennego jednofazowego	144
1.3.3.	Obwody prądu przemiennego trójfazowego	146
2.	Typowe układy sieci	149
2.1.	Wymagania prawne	149
2.2.	Najczęściej spotykane układy sieci	149
2.3.	Pozostałe układy sieci	152
2.4.	Oznaczenia w schematach układów sieci	152
3.	Bezpieczeństwo eksploatacji w instalacjach elektrycznych	152

4.	Dobór przekrojów przewodów.....	156
5.	Pomiary w instalacjach elektrycznych.....	164
5.1.	Wymagania odnośnie czasu wyłączania i prądu wyłączającego.....	167
5.2.	Pomiar impedancji pętli zwarciowej.....	168
5.3.	Pomiar rezystancji uziemienia.....	169
5.4.	Sprawdzenie ochrony uzupełniającej.....	173
5.5.	Sprawdzenie biegunowości.....	173
5.6.	Sprawdzenie kolejności faz.....	173
5.7.	Wykonanie próby funkcjonalnej i operacyjnej.....	173
5.8.	Sprawdzanie spadku napięcia.....	173
6.	Wzory protokołów pomiarowych.....	174
7.	Schematy elektryczne.....	183
8.	Podstawy elektrotechniki – źródła.....	185
	Bibliografia.....	187