

SPIS TREŚCI

Przedmowa	7
1. Wprowadzenie	9
2. Zagadnienia ogólne oraz aktualne dokumenty odniesienia dotyczące systemów PV	11
2.1. Najważniejsze przepisy krajowe dotyczące fotowoltaiki	11
2.2. Podstawy prawne i zasady certyfikacji instalatorów	14
2.3. Przepisy ppoż. i BHP dla instalacji PV	16
2.3.1. Przepisy ppoż.	16
2.3.2. Przepisy BHP	20
2.4. Przykładowe pytania teoretyczne do rozdziału 2.	22
3. Podstawy funkcjonowania systemów PV	23
3.1. Ogólne informacje o ogniwach i modułach PV	23
3.1.1. Budowa i zasada funkcjonowania ogniw i modułów PV	23
3.1.2. Budowa generatorów PV	27
3.1.3. Wpływ temperatury na funkcjonowanie modułów PV	29
3.2. Rodzaje modułów PV	31
3.2.1. Moduły z ogniwami z krzemu monokrystalicznego	31
3.2.2. Moduły z ogniwami z krzemu polikrystalicznego	32
3.2.3. Moduły z ogniwami z krzemu amorficznego (cienkowarstwowe)	33
3.2.4. Moduły na bazie tellurku kadmu (CdTe)	33
3.2.5. Moduły cienkowarstwowe typu CIGS /CIS	33
3.2.6. Moduły typu PERC	33
3.2.7. Moduły typu szyba-szyba	33
3.2.8. Moduły z ogniw ciętych na połówki	34
3.2.9. Moduły dwustronne	34
3.2.10. Inne niszowe rozwiązania konstrukcyjne modułów	34
3.2.11. Systematyka modułów PV – podział na generacje	36
3.3. Rodzaje systemów PV	37
3.3.1. Autonomiczne systemy PV (OFF-GRID)	37
3.3.2. Systemy PV dołączone do sieci energetycznej (ON-GRID)	38

3.3.3.	Hybrydowe systemy PV	39
3.3.4.	Systemy PV typu BAPV oraz BIPV	40
3.4.	Urządzenia i elementy systemów PV	41
3.4.1.	Akumulatory – magazyny energii	41
3.4.2.	Regulatory ładowania	43
3.4.3.	Falowniki (inwertery)	46
3.4.4.	Elementy instalacji PV	52
3.4.5.	Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa	56
3.4.6.	Rodzaje konstrukcji wsporczych	58
3.5.	Przykładowe pytania teoretyczne do rozdziału 3.	61
4.	Projektowanie systemów PV	63
4.1.	Wstępne szacowanie efektywności systemu na podstawie lokalizacji i danych pogodowych	63
4.1.1.	Narzędzia „PVGIS”	63
4.1.2.	Oprogramowanie „PV*SOL online”	64
4.1.3.	Oprogramowanie „Sunny Design” – firmy SMA	64
4.1.4.	Oprogramowanie „Solar.Configurator 4.0” – firmy FRONIUS	65
4.2.	Projektowanie systemów PV typu ON-GRID	66
4.2.1.	Wstępne wymiarowanie	66
4.2.2.	Zasady doboru układu generator-falownik	68
4.2.3.	Dołączanie systemu PV do sieci energetycznej	69
4.3.	Projektowanie autonomicznych systemów PV typu OFF-GRID	73
4.3.1.	Uproszczona metoda doboru mocy generatora PV	73
4.3.2.	Dobór generatora PV na podstawie danych o nasłonecznieniu	74
4.4.	Problemy zacienienia i zanieczyszczenia modułów PV	75
4.5.	Zagadnienia wytrzymałościowe konstrukcji wsporczych	76
4.6.	Klasy ochronności i stopnia IP urządzeń elektrycznych	80
4.7.	Bilansowanie energii – rozliczenia prosumenta	83
4.8.	Przykładowe pytania teoretyczne do rozdziału 4.	86
4.9.	Przykładowe zadania praktyczne do rozdziału 4.	87
5.	Zasady montażu i konfiguracji systemu PV	89
5.1.	Sporządzanie schematu instalacji	89
5.2.	Narzędzia i wyposażenie instalatora	93
5.3.	Zasady doboru i wymiarowania przewodów	95
5.4.	Zasady odbioru systemu PV – procedury i dokumentacja	98
5.5.	Analiza typowych błędów montażowych	102
5.6.	Oznaczenia przewodów i dodatkowe wyposażenie	105
5.7.	Przykładowe pytania teoretyczne do rozdziału 5.	107
5.8.	Przykładowe zadania praktyczne do rozdziału 5.	108
6.	Wydajność systemów PV	111
6.1.	Wyznaczanie charakterystyk prądowo-napięciowych modułów PV	111
6.2.	Ocena poprawności funkcjonowania systemu – inspekcje i konserwacje	113

6.3. Analiza danych z monitoringu	115
6.4. Przykładowe pytania teoretyczne do rozdziału 6.	118
6.5. Przykładowe zadania praktyczne do rozdziału 6.	119
7. Modernizacja i utrzymanie systemów PV	121
7.1. Harmonogram i rodzaje przeglądów	121
7.2. Analiza danych z monitoringu instalacji	122
7.3. Typowe awarie i sposoby modernizacji instalacji	122
7.4. Celowość i warunki badań termowizyjnych	123
7.5. Przykładowe pytania teoretyczne do rozdziału 7.	127
7.6. Przykładowe zadania praktyczne do rozdziału 7.	128
8. Perspektywy rozwoju fotowoltaiki w Polsce	129
Bibliografia	131
Poprawne odpowiedzi na pytania teoretyczne	134

Fotowoltaika (określana dalej powszechnie skrótem – PV) jest stosunkowo nową formą. Dlatego jest duże zapotrzebowanie na specjalistów z zakresu projektowania i instalacji systemów PV. Dynamicznie zmieniający się rynek komponentów systemów PV wymaga ustawicznego doskonalenia i aktualizacji informacji technicznych do przygotowania się do egzekucji zalecanych działań. W tym zakresie przez Urząd Dozoru Technicznego (UDT), jest to istotne, gdyż systemy PV są projektowane na długi okres funkcjonowania, szacowany obecnie nawet do 30 lat.

Znaczną część opracowania stanowi przegląd różnego rodzaju oprogramowania, wspomagającego proces projektowania systemu PV na każdym jego etapie. Przykłady zastosowania oprogramowania w projektowaniu przygotowano w wersjach dostępnych dla czytelnika, bez konieczności korzystania z wersji komercyjnych. Ułamek treści podręcznika zawiera zagadnienia wyszczególnione w Rozporządzeniu Ministra Aktywów Państwowych z dnia 25 lutego 2020 r. Zawieszono również przykładowe pytania teoretyczne i zadania praktyczne.

W podręczniku nie opisywano szczegółowo procesu konfiguracji falowników PV ze względu na dużą i zróżnicowaną ofertę rynkową. Te informacje należy czerpać z instrukcji producenta lub odbywać niezbędne doskonalenie na szkoleniach produktowych. Pomimo szerokiej oferty oprogramowania wspomagającego proces projektowania, zaleca się jednak wykonanie alternatywnych obliczeń sprawdzających, dla krytycznych przypadków funkcjonowania systemu PV.

Autor ma świadomość, że przygotowany materiał będzie wymagał ustawicznego doskonalenia i aktualizacji. Jest to spowodowane dynamicznym rozwojem fotowoltaiki i zmieniającymi się uwarunkowaniami ekonomiczno-prawnymi. Jednak ze względu na to, że 2 lutego 2021 r. Rada Ministrów RP zaakceptowała nową „Politykę energetyczną Polski do 2040 r.” (PEP2040), według której perspektywy dla fotowoltaiki sięgają nawet do 16 GW, mocy zainstalowanej, co przy obecnych kosztach 7,1 GW na koniec listopada 2021 r.) wskazuje na dalszy dynamiczny rozwój tej technologii pozyskiwania energii.

Autor podręcznika będzie wdzięczny za wszelkie uwagi i sugestie czytelników, które w przyszłości umożliwią wprowadzanie zmian w kolejnych wydaniach.

Autor