

Spis treści

Wstęp	9
1. Struktura i zasada działania ogniwa słonecznego	11
1.1. Energia słoneczna jako źródło odnawialne	11
1.2. Efekt fotowoltaiczny w złączu półprzewodnikowym	18
1.3. Konstrukcja bazowa i podstawowe parametry elektryczne modelowego jednozłączeniowego ogniwa PV na bazie homozłącza p-n	24
1.3.1. Budowa modelowego ogniwa słonecznego	24
1.3.2. Charakterystyka prądowo-napięciowa	28
1.3.3. Rezystancja szeregową i rezystancja równoległą	38
1.3.4. Charakterystyka pojemnościowa	40
1.3.5. Charakterystyka wydajności kwantowej	43
1.3.6. Modele elektryczne rzeczywistych ogniw słonecznych	46
1.4. Limity teoretyczne i metody poprawy sprawności fotokonwersji w ogniwach słonecznych	50
1.5. Literatura	54
2. Przekrój rozwiązań konstrukcyjnych współczesnych ogniw fotowoltaicznych	58
2.1. Podstawowe struktury fotowoltaiczne oparte na półprzewodnikach mono- i polikrystalicznych	60
2.2. Ogniwa PV wykorzystujące heterozłącze półprzewodnikowe	66
2.3. Fotowoltaiczne struktury cienkowarstwowe na bazie związków nieorganicznych	71
2.3.1. Ogniwa słoneczne na bazie heterozłącza CdS/CdTe	77
2.3.2. Struktury fotowoltaiczne wykorzystujące związki CIS, CIGS i CIGSS	82
2.3.3. Przyrządy z krzemu amorficznego i materiałów pochodnych	86
2.3.4. Wykorzystanie CuO i Cu ₂ O oraz innych związków alternatywnych	91
2.4. Ogniwa organiczne, hybrydowe oraz bazujące na materiałach perowskitowych	93

2.5. Alternatywne konstrukcje struktur fotowoltaicznych	98
2.6. Systemy PVT jako rozwiązanie problematyki wymiany ciepła w instalacjach fotowoltaicznych	105
2.7. Literatura	109
3. Rozwój zastosowań systemów fotowoltaicznych	117
3.1. Rys historyczny zastosowań kosmicznych i aplikacji naziemnych	117
3.2. Elektrownie fotowoltaiczne i systemy rozproszone (<i>off-grid</i>)	120
3.3. Fotowoltaika zintegrowana z budownictwem (BIPV)	125
3.4. Fotowoltaika elastyczna w zastosowaniach mobilnych	133
3.5. Fotowoltaika w instalacjach na wodzie	137
3.6. Literatura	139
4. Projektowanie instalacji słonecznych	142
4.1. Instalacje sieciowe i wyspowe	142
4.2. Współpraca z innymi źródłami energii w systemach wydzielonych	165
4.3. Budowa instalacji fotowoltaicznej – etapy praktycznej realizacji	173
4.3.1. Wymagania prawne	174
4.3.2. Projekt instalacji PV	176
4.3.3. Wykonanie instalacji PV	178
4.4. Literatura	186
5. Projektowanie instalacji fotowoltaicznych w praktyce	188
5.1. Zawartość projektu instalacji słonecznej	190
5.2. Mikroinstalacje i system prosumencki	194
5.3. Wymagane kwalifikacje wykonawców i obowiązki inwestora	196
5.4. Metody i zasady projektowania instalacji fotowoltaicznych	198
5.5. Narzędzia CAD wspierające wymiarowanie instalacji fotowoltaicznej	202
5.5.1. Aplikacja PV*SOL online	203
5.5.2. Program SolarGIS pvPlanner	208
5.5.3. Interaktywna baza meteorologiczna PVGIS	217
5.5.4. Oprogramowanie Archelios Pro Free	222
5.5.5. Program sieciowy PV Watts	225
5.5.6. Profesjonalne oprogramowanie PV*SOL premium	229
5.6. Analiza przykładowego projektu PV	232
5.6.1. Specyfikacja projektowanej instalacji	233
5.6.2. Symulacja komputerowa	237
5.6.3. Analiza finansowa	244
5.7. Literatura	251
6. Przykładowe zagadnienia i pomiary laboratoryjne z zakresu praktycznego zastosowania ogniw i systemów PV	253

6.1. Pomiary podstawowych parametrów i charakterystyk elektrycznych ogniw słonecznych	253
6.1.1. Pomiar charakterystyk prądowo-napięciowych	254
6.1.2. Charakterystyki pojemności złączonej	260
6.1.3. Pomiar i znaczenie charakterystyk wydajności kwantowej	264
6.2. Wpływ warunków oświetlenia, temperatury i obciążenia na pracę ogniw słonecznych	266
6.2.1. Pomiary transmitancji optycznej w ogniwach fotowoltaicznych	267
6.2.2. Zależność parametrów ogniw PV dla różnych warunków oświetlenia	271
6.2.3. Wpływ kąta padania światła na pracę ogniw słonecznych	280
6.2.4. Wpływ temperatury na pracę ogniw i modułów fotowoltaicznych	282
6.3. Konfiguracja robocza modułów fotowoltaicznych i efekty niedopasowania	287
6.3.1. Rezystancja szeregową i równoległą w ogniwach słonecznych.	287
6.3.2. Konfiguracja ogniw i modułów fotowoltaicznych oraz wpływ zacielenia na parametry pracy instalacji	290
6.3.3. Niedopasowanie prądowe i napięciowe w instalacjach PV	294
6.4. Systemy hybrydowe ogniwo – kolektor słoneczny	298
6.5. Literatura	301