

MODUŁY FOTOWOLTAICZNE	12
1.1. MODUŁ FOTOWOLTAICZNY – DEFINICJA I BUDOWA	12
1.2. PODZIAŁ OGNIW I MODUŁÓW FOTOWOLTAICZNYCH ZE WZGLĘDU NA MATERIAŁ PÓŁPRZEWODNIKOWY	13
1.2.1. MODUŁY ZBUDOWANE Z OGNIW Z KRZEMU KRystalicznego	15
1.2.2. ROZMIAR OGNIW Z KRZEMU KRystalicznego	17
1.2.3. MODUŁY CIENKOWARSTWOWE	19
1.3. PODZIAŁ MODUŁÓW PV ZE WZGLĘDU NA BUDOWĘ OGNIW PV LUB MODUŁU PV	21
1.3.1. CIENKOWARSTWOWE HYBRYDOWE MODUŁY FOTOWOLTAICZNE	21
1.3.2. MODUŁY MONOKRYSTALICZNE Z OBIEMA ELEKTRODAMI Z TYŁU (IBC)	23
1.3.3. MODUŁY MONOKRYSTALICZNE TYPU HIT	25
1.3.4. MODUŁY OPARTE O OGNIWA TYPU PERC	27
1.3.5. MODUŁY PV SZYBA-SZYBA	29
1.3.6. MODUŁY PV W TECHNOLOGII SMARTWIRE	30
1.3.7. MODUŁY PV W TECHNOLOGII UŁOŻENIA OGNIW NA ZAKŁADKĘ	32
1.3.8. MODUŁY Z OGNIWAMI CIĘTYMI NA PÓŁ	34
1.3.9. MODUŁY OPARTE O OGNIWA MWT	36
1.3.10. DWUSTRONNE MODUŁY PV	38
1.4. UDZIAŁ W RYNKU POSZCZEGÓLNYCH TYPÓW MODUŁÓW PV	45
1.5. ZESTAWIENIE TYPÓW I PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW MODUŁÓW PV	46
1.6. PRAKTYCZNE ZNACZENIE LICZBY BUSBARÓW	47
1.7. STC, NOCT – WARUNKI, W JAKICH BADANE SĄ MODUŁY PV	50
1.8. CHARAKTERYSTYKA PRĄDOWO-NAPIĘCIOWA I NAJWAŻNIEJSZE PARAMETRY ELEKTRYCZNE	52
1.9. ZMIANA MOCY, NAPIĘCIA ORAZ PRĄDU WRAZ ZE ZMIANĄ WARUNKÓW SŁONECZNYCH	54
1.10. ZMIANA MOCY, NAPIĘCIA ORAZ PRĄDU WRAZ ZE ZMIANĄ TEMPERATURY	56
1.11. JAK ROZPOZNAĆ MODUŁY WYKONANE Z WYSOKIEJ I NISKIEJ JAKOŚCI OGNIW?	62

1.11.1. W OPARCIU O PARAMETRY ELEKTRYCZNE	62
1.11.2. W OPARCIU O WYGLĄD	64
1.12. SPRAWNOŚĆ MODUŁÓW PV	66
1.13. ZNACZENIE PRAKTYCZNE SPRAWNOŚCI	69
1.14. DODATNIA TOLERANCJA I JEJ ZNACZENIE PRZY WYBORZE MODUŁU PV	72
1.15. LID I ROCZNA UTRATA MOCY	72
1.15.1. POZĄTKOWY WZROST MOCY MODUŁÓW CIGS	74
1.16. DEGRADACJA FOLII EVA	74
1.17. SPRAWNOŚĆ PRZY NISKIM NATĘŻENIU PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO	76
1.18. CERTYFIKATY I NORMY	78
1.19. PVT – POŁĄCZENIE MODUŁU PV Z KOLEKTOREM SŁONECZNYM	81
2. FALOWNIKI I OPTYZALIZATORY MOCY	85
2.1. BUDOWA I PODZIAŁ FALOWNIKÓW	86
2.1.1. PODZIAŁ FALOWNIKÓW ZE WZGLĘDU NA IZOLACJĘ	86
2.1.2. PODZIAŁ FALOWNIKÓW ZE WZGLĘDU NA TYP INSTALACJI	89
2.1.3. PODZIAŁ FALOWNIKÓW ZE WZGLĘDU NA WIELKOŚĆ	91
2.2. MIKRO-, SZEREGOWY CZY CENTRALNY – JAKI FALOWNIK WYBRAĆ?	94
2.3. MPP TRAKER – CZYM JEST I JAKIE SPEŁNIA ZADANIA	98
2.4. ZALEŻNOŚĆ SPRAWNOŚCI FALOWNIKA OD NAPIĘCIA I OBCIĄŻENIA	102
2.5. NAPIĘCIOWY ZAKRES PRACY FALOWNIKA	104
2.6. SPRAWNOŚĆ FALOWNIKÓW	107
2.7. MIKROFALOWNIKI W INSTALACJI	109
2.7.1. ZALETY MIKROFALOWNIKÓW	109
2.7.2. OGRANICZENIA MIKROFALOWNIKÓW	112
2.7.3. MIKROFALOWNIKI – KIEDY POMYŚLEĆ O WYBORZE	112
2.8. OPTYZALIZATORY MOCY (POWER OPTIMIZER)	113
2.8.1. ZASADA DZIAŁANIA	114
2.8.2. STAŁE NAPIĘCIE NA MODULE PV I NA ŁAŃCUCHU MODUŁÓW PV	116
2.8.3. OPTYZALIZACJA MOCY NA POZIOMIE OGNIW PV	118

2.8.4. MONITOROWANIE PRACY NA POZIOMIE MODUŁU I FUNKCJE BEZPIECZEŃSTWA	121
2.8.5. PORÓWNANIE FUNKCJONALNOŚCI OPTYZMALIZATORÓW MOCY	122
2.9. PORÓWNANIE MIKROFALOWNIKÓW I OPTYZMALIZATORÓW MOCY	124
2.10. MONITORING PRACY FALOWNIKÓW	126
2.11. WYMAGANIA OSD WZGLĘDEM KONFIGURACJI FALOWNIKÓW	129
DOBÓR I OPTYZMALIZACJA INSTALACJI PV	132
3.1. NACHYLENIE I AZYMUT INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ	132
3.2. SYSTEM NADAŻNY	139
3.3. ODSTĘPY MIĘDZY RZĘDAMI	140
3.4. WSKAŹNIK WYKORZYSTANIA PRZESTRZENI MONTAŻOWEJ	143
3.5. SPOSOBY ŁĄCZENIA MODUŁÓW PV W INSTALACJI	147
3.5.1. POŁĄCZENIE SZEREGOWE I RÓWNOLEGŁE MODUŁÓW PV	147
3.5.2. NIEDOPASOWANIE PRĄDOWE I NAPIĘCIOWE	148
3.6. PRZEWODY I KABELE W INSTALACJI PV	150
3.6.1. WYBÓR RODZAJU KABLI ORAZ ICH PROWADZENIE I ŁĄCZENIE	150
3.6.2. DOBÓR PRZEKROJU POPRZECZNEGO ŻYŁ PRZEWODÓW I KABLI W INSTALACJI PV	155
3.6.3. TABELI DOBORU PRZEKROJU POPRZECZNEGO KABLI I PRZEWODÓW DO INSTALACJI PV	160
3.7. ZABEZPIECZENIA W INSTALACJACH PV	163
3.7.1. ZABEZPIECZENIA NADPRĄDOWE STRONY DC	163
3.7.2. WYŁĄCZNIKI NADPRĄDOWE	168
3.7.3. WYŁĄCZNIK RÓŻNICOWO-PRĄDOWY W INSTALACJI PV	169
3.7.4. OCHRONA ODGROMOWA I ODSTĘP SEPARACYJNY	170
3.7.5. OCHRONA PRZEPIĘCIOWA	174
3.7.6. UZIEMIENIE I POŁĄCZENIE WYRÓWNAWCZE	180
3.8. DOPASOWANIE MOCY MODUŁÓW PV DO MOCY FALOWNIKA	182
3.9. OBLICZENIE MINIMALNEGO I MAKSYMALNEGO NAPIĘCIA ŁAŃCUCHA MODUŁÓW PV	186

3.10. WYZNACZENIE MAKSYMALNEGO PRĄDU ZWARCIA ŁAŃCUCHA MODUŁÓW PV	189
3.11. OBLICZENIE MINIMALNEJ I MAKSYMALNEJ LICZBY MODUŁÓW PV W ŁAŃCUCHU	190
3.12. WYBÓR TYPU INSTALACJI	192
3.13. LICZNIK W INSTALACJI SIECIOWEJ ON GRID I BILANSOWANIE MIĘDZYFAZOWE	195
3.14. DOBÓR MOCY INSTALACJI SIECIOWEJ – ON GRID	197
3.15. PLAN OBWODÓW – STRING PLAN	201
3.16. PRZYKŁAD DOBORU INSTALACJI SIECIOWEJ	202
3.16.1. DOBÓR MOCY W OPARCIU O ZUŻYCIE ENERGII	202
3.16.2. DOPASOWANIE MOCY INSTALACJI PO WYBORZE MODUŁU PV	203
3.16.3. DOBÓR MOCY FALOWNIKA DO MODUŁÓW PV	204
3.16.4. DOBÓR ŁAŃCUCHÓW MODUŁÓW PV DO FALOWNIKA	205
3.16.5. PRZEWODY I ZABEZPIECZENIA	209
3.16.6. SCHEMAT INSTALACJI PV ORAZ PLAN OBWODÓW	214
3.17. URUCHOMIENIE FALOWNIKA W INSTALACJI SIECIOWEJ	216
3.18. INSTALACJE WYSPOWE	217
3.18.1. BEZPOŚREDNIE ZASILANIE URZĄDZEŃ PRĄDU STAŁEGO	217
3.18.2. ZASILANIE URZĄDZEŃ Z WYKORZYSTANIEM REGULATORA ŁADOWANIA	220
3.18.3. ZASILANIE URZĄDZEŃ Z WYKORZYSTANIEM FALOWNIKA WYSPOWEGO ORAZ REGULATORA ŁADOWANIA	226
3.19. DOBÓR INSTALACJI WYSPOWEJ DO ZASILANIA BUDYNKÓW	231
3.20. DOKUMENTACJA I TESTY PO WYKONANIU INSTALACJI	234
3.20.1. KONTROLA I PODSTAWOWE POMIARY I TESTY	234
3.20.2. POMIARY I ANALIZA CHARAKTERYSTYKI PRĄDOWO-NAPIĘCIOWEJ	237
3.20.3. BADANIE KAMERĄ TERMOWIZYJNĄ MODUŁÓW FOTOWOLTAICZNYCH	243
3.20.4. DOKUMENTACJA	244
3.20.5. MIERNIKI DO POMIARÓW INSTALACJI PV	250

3.21. CO NALEŻY PRZEWIDZIEĆ NA ETAPIE BUDOWY DOMU POD KĄTEM MONTAŻU INSTALACJI PV	251
4. AKUMULATORY ENERGII W SYSTEMACH PV	253
4.1. TECHNOLOGIE AKUMULATORÓW STOSOWANE WE WSPÓŁPRACY Z SYSTEMAMI PV	253
4.2. DOD, SOC I LICZBA CYKLI ŁADOWANIA	254
4.3. WPŁYW TEMPERATURY NA PRACĘ AKUMULATORÓW	256
4.4. WSPÓŁPRACA FALOWNIKA Z AKUMULATORAMI	257
4.5. WSPÓŁPRACA INSTALACJI PV Z POMPĄ CIEPŁA	259
4.6. ZARZĄDZANIE ENERGIĄ Z INSTALACJI PV ROLA INTELIGENTNEGO LICZNIKA	263
5. KONSTRUKCJE WSPORCZE ORAZ MONTAŻ MODUŁÓW I FALOWNIKÓW	267
5.1. SYSTEMY MOCOWAŃ NA DACHACH SKOŚNYCH	267
5.2. SYSTEMY MOCOWAŃ NA DACHACH PŁASKICH	273
5.3. ROZPLANOWANIE MODUŁÓW PV I ODSTĘPY BRZEGOWE NA DACHACH PŁASKICH I SKOŚNYCH	275
5.4. SYSTEMY MOCOWAŃ NA GRUNCIE	277
5.5. MONTAŻ MODUŁÓW DO KONSTRUKCJI WSPORCZEJ	279
5.6. CERTYFIKATY I NORMY KONSTRUKCJI WSPORCZYCH	284
5.7. MONTAŻ FALOWNIKA	285
6. PROBLEMY PROJEKTOWE, WYKONAWCZE I EKSPLOATACYJNE	286
6.1. ZACIENIENIE NA INSTALACJACH PV	286
6.1.1. ROLA I ZNACZENIE DIOD OBEJŚCIOWYCH	286
6.1.2. WPŁYW ZACIENIENIA NA PRACĘ MODUŁU PV	289
6.1.3. ENERGETYCZNE SKUTKI ZACIENIENIA	294
6.1.4. UWZGLĘDNIANIE ZACIENIENIA W ROZPLANOWANIU MODUŁÓW	297
6.1.5. UNIKANIE PRZY MONTAŻU STREF ZACIENIENIA	304
6.2. GORĄCY PUNKT (HOT SPOT)	308
6.3. KORROZJA WARSTWY TCO	310
6.4. DEGRADACJA INDUKOWANYM NAPIĘCIEM PID	311

6.5. PRĄD UPŁYWU	315
6.6. UNIKANIE PĘTLI INDUKCYJNEJ	316
6.7. ZWARCIE DOZIEMNE GENERATORA PV	318
6.8. MOC CZYNNĄ, BIERNĄ, POZORNĄ – $\cos(\varphi)$, $\tan(\varphi)$ FALOWNIKA	320
6.9. WZROST NAPIĘCIA W MIEJSCU PRZYŁĄCZENIA FALOWNIKA	323
6.10. MOŻLIWOŚCI PRZYŁĄCZENIA INSTALACJI DO SIECI	325
6.11. MYCIE INSTALACJI PV	327
7. ZAGADNIENIA OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ INSTALACJI PV	330
7.1. PROJEKTOWANIE INSTALACJI PV W KONTEKŚCIE OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ	330
7.2. WYKONANIE INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ	338
8. EKONOMIKA, OTOCZENIE PRAWNE I UZYSK ENERGII Z INSTALACJI PV	344
8.1. PRODUKCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ Z INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ	344
8.1.1. ŹRÓDŁA DANYCH O NASŁONECZNIENIU	344
8.1.2. PRODUKCJA ENERGII Z INSTALACJI PV	346
8.2. JAK OBLICZYĆ PRODUKCJĘ ENERGII Z INSTALACJI?	349
8.3. SKŁADOWE KOSZTÓW INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ	354
8.4. KOSZTY EKSPLOATACYJNE	356
8.5. SYSTEM ROZLICZENIA ENERGII WYPRODUKOWANEJ PRZEZ INSTALACJĘ PV	357
8.6. WYMÓG UMOWY KOMPLEKSOWEJ DLA PROSUMENTA	359
8.7. BILANSOWANIE MIĘDZYFAZOWE A EKONOMIKA FALOWNIKÓW JEDNOFAZOWYCH	360
8.8. PROSTY OKRES ZWROTU MIKROINSTALACJI	361
9. WYDARZENIA BRANŻOWE	363