

W PROSTOCIE TKWI SIŁA



Fotowoltaika

Projektowanie i instalacja

^{dla}
bysstrzaków



Projektuj i instaluj
systemy fotowoltaiczne

Poznaj wymogi prawne
i przeprowadź proces
pierwszego uruchomienia

Poszerz
swoje kompetencje
w zielonych branżach

Tytuł oryginału: Photovoltaic Design & Installation For Dummies

Tłumaczenie: Marcin Machnik

ISBN: 978-83-283-7767-7

Original English language edition Copyright © 2019 by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form. This translation published by arrangement with John Wiley & Sons, Inc.

Oryginalne angielskie wydanie © 2019 by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Wszelkie prawa, włączając prawo do reprodukcji całości lub części w jakiegokolwiek formie, zarezerwowane. Tłumaczenie opublikowane na mocy porozumienia z John Wiley & Sons, Inc.

Translation copyright © 2021 by Helion S.A.

Wiley, the Wiley Publishing logo, For Dummies, Dla Bystrzaków, the Dummies Man logo, A Reference for the Rest of Us!, The Dummies Way, Dummies Daily, The Fun and Easy Way, Dummies.com, Making Everything Easier and related trade dress are trademarks or registered trademarks of John Wiley and Sons, Inc. and/or its affiliates in the United States and/or other countries. Used by permission.

Wiley, the Wiley Publishing logo, For Dummies, Dla Bystrzaków, the Dummies Man logo, A Reference for the Rest of Us!, The Dummies Way, Dummies Daily, The Fun and Easy Way, Dummies.com, Making Everything Easier i związana z tym szata graficzna są markami handlowymi John Wiley and Sons, Inc. i/lub firm stowarzyszonych w Stanach Zjednoczonych i/lub innych krajach. Wykorzystywane na podstawie licencji.

NFPA 70®, National Electrical Code®, and NEC® are registered trademarks of the National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Wszystkie pozostałe znaki handlowe są własnością ich właścicieli.

Autor oraz wydawca dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<http://dlabystrzakow.pl/user/opinie/prinby>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Helion S.A.

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: dlabystrzakow@dlabystrzakow.pl

WWW: <http://dlabystrzakow.pl>

Printed in Poland.

- Kup książkę
- Poleć książkę
- Oceń książkę

- Księgarnia internetowa
- Lubię to! » Nasza społeczność

Spis treści

O autorze	15
------------------------	-----------

Podziękowania	17
----------------------------	-----------

Wprowadzenie	19
---------------------------	-----------

O książce	19
Konwencje zastosowane w książce	20
Czego nie czytać	21
Naiwne założenia	21
Jak podzielona jest ta książka	21
Część I: Niech stanie się światłość, czyli wstępne rozjaśnienie tematu systemów PV	21
Część II: Szczegóły kompletnego systemu fotowoltaicznego	22
Część III: Dobór wielkości systemu PV	22
Część IV: Instalowanie systemu PV	22
Część V: Dekalogi	22
Ikony wykorzystane w książce	23
Co dalej?	23

CZĘŚĆ I: NIECH STANIE SIĘ ŚWIATŁOŚĆ, CZYLI WSTĘPNE WYJAŚNIENIE TEMATU SYSTEMÓW PV	25
--	-----------

ROZDZIAŁ 1: Fotowoltaiczna rewolucja	27
---	-----------

Krótko o przeszłości, teraźniejszości i przyszłości instalacji PV	27
Typowe zastosowania fotowoltaiki	28
Zalety i wady fotowoltaiki	28
Przyszłość fotowoltaiki	29
Komponenty systemów PV	29
Elektryczne ABC	30
ABC zasobów energii słonecznej	31

Analiza miejsca montażu modułów	31
Bardziej szczegółowo o komponentach systemów PV	32
Moduły PV	32
Akumulatory	32
Regulatory ładowania	33
Inwertery (falowniki)	33
Przewody i urządzenia zabezpieczające	33
Dobór wielkości systemu PV	34
Systemy on-grid	34
Systemy akumulatorowe	34
Przewody i zabezpieczenia	35
Uruchomienie systemu PV	35
Pozwolenia	35
Bezpieczeństwo	35
Montaż elementów mechanicznych	36
Montaż elementów elektrycznych	36
Pierwsze uruchomienie, przegląd systemu i jego konserwacja	37
Wstępne wskazówki dotyczące wymogów elektrycznych	38

ROZDZIAŁ 2: **Przegląd komponentów systemu PV oraz rodzajów systemów**

Komponenty systemów PV	40
Moduły PV i konstrukcje nośne	40
Zespół akumulatorów	41
Regulator ładowania	42
Inwerter (falownik)	42
Odbiorniki	43
Rozdzielnice napięcia	44
Rozłączniki i zabezpieczenia nadprądowe	45
Podłączenie do sieci elektrycznej	45
Rodzaje systemów PV	47
Systemy zależne od sieci	47
Systemy akumulatorowe	49
Dobór właściwego systemu w zależności od sytuacji	51
Klient jest podłączony do sieci	51
Klient nie jest podłączony do sieci	52

ROZDZIAŁ 3: **Podstawy elektryczności**

O tym, co płynie, czyli o prądzie	56
Ampery	56
Różnica między prądem stałym a prądem zmiennym	56
Pomiar prądu miernikiem	57

Niech siła elektromotoryczna będzie z Tobą: napięcie	60
O koncepcji napięcia	61
Napięcie znamionowe a napięcie robocze	61
Pomiar napięcia	62
Wszelki opór jest daremny, czyli o rezystancji	64
Omy	64
Pomiar rezystancji	65
Zależność między prądem, napięciem i rezystancją, czyli prawo Ohma	67
Moc kontra energia	67
Na czym polega różnica między mocą a energią	67
Zależność między mocą, prądem, napięciem i rezystancją, czyli wzór na moc	68
Obliczanie energii w watogodzinach	70
Amperogodziny, bliskie koleżanki watogodzin	71
Zależność między prądem, napięciem, rezystancją, mocą i energią	71
Elektryczność od innej strony: konfiguracje obwodów	72
Połączenie szeregowo	73
Połączenie równoległe	74
Połączenie szeregowo-równoległe	75
ROZDZIAŁ 4: Zasoby energii słonecznej	77
Wysoka (lub niska) energia: promieniowanie słoneczne	78
Różnica między promieniowaniem bezpośrednim a rozproszonym	78
Determinowanie intensywności promieniowania słonecznego: irradiancja	79
Obliczanie energii promieniowania: napromieniowanie	82
Chwytaj dzień: godziny szczytowego nasłonecznienia	84
Prześledzenie wpływu ścieżki słońca na nasłonecznienie	87
Wpływ pór roku	88
Wyjaśnienie wpływu położenia Słońca względem Twojej lokalizacji: wysokość i azymut	90
Odmierzanie czasu słonecznego	91
Interpretacja wykresów solarnych	92
Otwieramy się na okno słoneczne	93
Pozycjonowanie modułów fotowoltaicznych w celu maksymalizacji produkcji energii	94
Kąt nachylenia	94
Zorientowanie modułów względem północy właściwej	97
ROZDZIAŁ 5: Wybór właściwego miejsca montażu	99
Przygotowanie do oględzin miejsca montażu	100
Zarezerwowanie odpowiedniej ilości czasu	100
Stworzenie standardowego formularza oględzin	101
Torba z ekwipunkiem na oględziny	102

Obraz jest wart tysiąca słów: dokumentacja oględzin za pomocą fotografii	103
Zbieranie podstawowych informacji podczas oględzin miejsca montażu	104
Ogólne informacje o miejscu montażu	104
Informacje strukturalne i mechaniczne	105
Informacje elektryczne	107
Informacje w stopniach	109
Deklinacja magnetyczna	109
Ustalanie kąta nachylenia i kąta azymutalnego modułów	111
Przegląd narzędzi do analizy zacienienia	113
Interpretacja danych i zebranie wszystkiego w całość	116
Analiza raportów z narzędzia do analizy zacienienia	116
Uwzględnienie mnożnika całkowitych zasobów energii słonecznej	117
Wykorzystywanie innych zebranych informacji w planowaniu systemu i jego instalacji	118

CZĘŚĆ II: SZCZEGÓŁY KOMPLETNEGO SYSTEMU FOTOWOLTAICZNEGO 121

ROZDZIAŁ 6: Moduły fotowoltaiczne:

od piasku do elektryczności	123
Tworzenie elektryczności solarnej: wszystko zaczyna się od ogniwa	124
Ogniwo: budowa i proces produkcji	124
Budowa ogniwa a efekt fotowoltaiczny	125
Przegląd popularnych rodzajów modułów PV	126
Moduły z krystalicznego krzemu	127
Moduły cienkowarstwowe	129
Parametry elektryczne modułów fotowoltaicznych	131
Parametry prądowe	131
Parametry napięciowe	133
Punkt mocy maksymalnej	134
Współczynnik napięcia i temperatury	135
Tolerancja mocy	135
Bezpiecznik połączenia szeregowego	136
Przyglądamy się warunkom testowania modułów	136
Standardowe warunki testowania	136
Wpływ otoczenia na uzyskiwane parametry	137
Relacja prądu i napięcia na wykresie IV	139
Wykres IV dla różnych temperatur	140
Wykres IV dla różnych irradiancji	141

ROZDZIAŁ 7:	Akumulatory od podstaw	143
	Budowa i zasada działania akumulatora	144
	Jak zbudować baterię: od ogniwa do zespołu akumulatorów	144
	W jaki sposób akumulator się ładuje i rozładowywuje	146
	Porównanie różnych rodzajów akumulatorów	148
	Akumulatory kwasowo-ołowiowe	149
	Akumulatory wapniowo-ołowiowe	151
	Akumulatory niklowo-kadmowe (NiCd)	152
	Pojemność akumulatora	152
	Współczynnik C jako miara pojemności	153
	Czynniki wpływające na pojemność	154
	Wybór akumulatorów	156
	Ustalanie rodzaju potrzebnych akumulatorów	156
	Ustalanie wielkości zespołu akumulatorów	157
 ROZDZIAŁ 8:	 Okiełznać napięcie i prąd: regulatory ładowania	 161
	Podstawowe informacje o regulatorach	162
	Fazy pracy regulatora ładowania	162
	Przegląd dodatkowych funkcji oferowanych przez niektóre regulatory	165
	Technologia śledzenia punktu mocy maksymalnej (MPPT)	166
	Zasada działania	167
	Zalety i wady regulatorów MPPT	168
	Technologia modulowania szerokości impulsu	168
	Zasada działania	169
	Zalety i wady regulatorów PWM	169
	Wybór regulatora ładowania	170
 ROZDZIAŁ 9:	 Inwertery: AC (z) DC	 171
	Inwertery zależne od sieci	172
	Zasada działania	172
	Standardowe funkcje	173
	Moc	175
	Istotność transformatorów	176
	Przegląd inwerterów akumulatorowych	177
	Zasada działania inwertera współpracującego z siecią	178
	Działanie inwertera wyspowego	179
	Standardowe funkcje wszystkich inwerterów współpracujących z akumulatorami	180
	Moc	181
	Technologia niskiej częstotliwości transformatora	181

Wybór inwertera	181
Inwertery zależne od sieci	181
Inwertery współpracujące z akumulatorami	183

ROZDZIAŁ 10: **Bezpieczeństwo: okablowanie i komponenty zabezpieczające**185

Rodzaje obwodów w systemie PV	186
Przegląd rodzajów przewodów	187
Przewody między modułami	188
Przewód (kabel) solarny	189
Przewody do stosowania w budynkach	189
Okablowanie akumulatorów	190
Uziemienie	190
Rodzaje rur na okablowanie	191
Rury metaliczne	192
Rury niemetaliczne	192
Rozłączniki	193
Zabezpieczenia nadprądowe	194
Wyłączniki nadprądowe	194
Bezpieczniki	195
Zabezpieczenie przed zwarcim doziemnym	196
Podstawowe oznaczenia fotowoltaiki	197

CZĘŚĆ III: DOBÓR WIELKOŚCI SYSTEMU PV 199

ROZDZIAŁ 11: **Dobór wielkości systemu zależnego od sieci**201

Kwestie zasadnicze: budżet i dostępne miejsce na moduły	202
Szacowanie rocznej produkcji energii	203
Dobór mocy modułów do zapotrzebowania klienta na energię elektryczną	204
Ustalenie rocznego zużycia energii	205
Przegląd dostępnych umów z dostawcą	205
Ustalenie potrzebnej mocy modułów na podstawie zużycia energii i dostępnych opcji umowy z siecią	206
Przygotowania do dopasowania inwertera do modułów	207
Dobieranie mocy inwertera do modułów	208
Ustalenie poziomów napięć zespołu modułów i inwertera	210
Ustalenie napięcia AC	211
Ustalenie okna napięć DC inwertera	211
Obliczanie maksymalnego napięcia DC na modułach	212
Obliczanie minimalnego napięcia DC na modułach	218
Zbieramy wszystko w całość: podsumowanie informacji mocowych i napięciowych	223
Ostatnia kwestia: maksymalny prąd wejściowy inwertera	224

ROZDZIAŁ 12: **Dobór wielkości systemu akumulatorowego225**

Zużycie: przegląd odbiorników w systemie akumulatorowym	226
Szacowanie zapotrzebowania odbiorników, które muszą być obsłużone przez akumulatory	227
Obliczanie zapotrzebowania na energię podczas zaniku napięcia w sieci w systemach z nią współpracujących	229
Obliczanie średniego dziennego zużycia energii w systemach wyspowych	229
Dobór pojemności zespołu akumulatorów	231
Sprawność inwertera	232
Dni autonomii	232
Temperatura robocza akumulatorów	233
Głębokość rozładowania	233
Napięcia nominalne	234
Ustalenie wymaganej pojemności akumulatorów	235
Łączenie akumulatorów w zespole	236
Dobieranie mocy zespołu modułów	238
Dobieranie mocy modułów w systemie współpracującym z siecią	238
Dobór mocy modułów w systemie wyspowym	238
Dobór regulatora ładowania	241
Parametry napięciowe	242
Parametry mocowe lub prądowe	243
Zanim podążymy dalej: porównanie mocy zespołu modułów z pojemnością akumulatorów	244
Dobieranie inwertera	245
Napięcie wyjściowe	245
Obliczanie poboru mocy	246
Tylko mi się nie rozładuj	246
Rzut oka na skokowy pobór prądu	247
Ocena mocy wyjściowej inwertera i modułów	247
Agregat prądotwórczy	248
Parametry agregatów	248
Moc agregatu	249

ROZDZIAŁ 13: **Dobór przewodów, rur i komponentów zabezpieczających251**

ABC doboru grubości przewodów	252
Ustalanie prądu maksymalnego i ciągłego w obwodach systemu PV	253
Obliczanie maksymalnego prądu w obwodach nefotowoltaicznych	254
Uwzględnienie warunków użytkowania za pomocą kilku poręcznych tabel	255

Zbieramy wszystkie informacje i ustalamy grubość przewodów	258
Uwzględnianie spadków napięcia po dobraniu grubości przewodów	260
Dobór rur	265
Dobór zabezpieczeń nadprądowych i rozłączników	266
Zacznijmy od podstaw	266
Umieszczenie zabezpieczeń w obwodach PV	267
Zabezpieczenia obwodów inwertera	268

CZĘŚĆ IV: INSTALOWANIE SYSTEMU PV 269

ROZDZIAŁ 14: Bezpieczeństwo w pracy z systemem PV 271

Ogólne bezpieczeństwo na placach budowy	272
Identyfikowanie przeszkód w miejscu pracy	
i niezwłoczne zakładanie sprzętu ochronnego	272
Bezpieczna praca w pojedynkę i z innymi	273
Wskazówki dotyczące bezpieczeństwa z narzędziami	274
Ograniczenie ekspozycji na skrajne warunki	274
Apteczka w miejscu pracy	275
Bezpieczeństwo na drabinie	275
Wybór drabin do swojego zestawu	275
Właściwe ustawienie drabiny	277
Kwestia bezpieczeństwa na dachu	278
Zabezpieczenie przed upadkiem z wysokości	279
Przechowywanie narzędzi	280
Zachowanie bezpiecznych przejść	280
O bezpieczeństwie elektrycznym	281
Ogólne ryzyko porażeń	281
Praca z obwodami	282
Bezpieczeństwo w pracy z akumulatorami	285

ROZDZIAŁ 15: Montaż elementów mechanicznych 287

Przegląd metod montażu modułów PV	288
Montaż na dachu	289
Montaż naziemny	293
Montaż na słupku	295
Montaż zintegrowany z budynkiem	297
Rozważenie obciążenia w przypadku montażu na dachu	298
Wymogi budowlane	298
Uwzględnienie dodatkowych obciążeń stałych	299
Obciążenia zmienne	301

Właściwe przytwierdzenie zespołu modułów do dachu	302
Przytwierdzanie wkrętami z łbem sześciokątnym	302
Uszczelnianie otworów w dachu	304
Fundamenty w montażu na ziemi i na słupku	306
ROZDZIAŁ 16: Integracja elementów elektrycznych	309
Umiejscowienie poszczególnych komponentów	310
Wymogi producentów odnośnie do rozlokowania komponentów	310
Lokalizacja urządzeń rozłączających	311
Skrzynki przyłączeniowe i przewody	313
Praca z przewodami	313
Zielono mi (i czerwono, i biało): kod kolorystyczny	313
Układanie przewodów wychodzących z modułów	315
Zabezpieczenie przewodów rurami	316
Nawiązujemy łączność z ziemią: uziemienie	317
Uziemienie sprzętu	317
Uziemienie systemu	320
Podłączenie do sieci	323
Ustalenie wymagań dostawcy prądu	323
ROZDZIAŁ 17: Pierwsze uruchomienie, przegląd i konserwacja systemu PV	329
Lista rzeczy do dwukrotnego sprawdzenia:	
przygotowanie do pierwszego uruchomienia	330
Elementy mechaniczne? Sprawdzone!	330
Elementy elektryczne? Sprawdzone!	331
Ceremonię czas zacząć: proces pierwszego uruchomienia	335
Przed wszystkim bezpieczeństwo	335
Zbieranie potrzebnego sprzętu	336
Pierwsze uruchomienie w zależności od rodzaju systemu	337
Sprawdzenie działania systemu	341
Konserwacja systemu	342
Konserwacja elementów mechanicznych	343
Konserwacja elementów elektrycznych	343
Wyższy poziom konserwacji: dbanie o akumulatory	344

**ROZDZIAŁ 18: Dziesięć sposobów
na uniknięcie problemów z przepisami349**

Zapewnienie odpowiedniego dostępu roboczego	350
Zapewnienie odpowiedniej konstrukcji wsporczej	350
Ochrona budynku przed przenikaniem wody	351
Dbłość o odpowiednie parametry wszystkich przewodów	351
Zabezpieczenie przewodów przy modułach	352
Wybór właściwej rury	353
Lokalizacja rozłączników	353
Uziemienie sprzętów	353
Uziemienie systemu	354
Odpowiednie oznakowanie systemu	354

**ROZDZIAŁ 19: Dziesięć sposobów na maksymalizację produkcji
energii przez systemy Twoich klientów355**

Wybierz właściwe miejsce	356
Dobrze zorientuj moduły	356
Dobrze skonfiguruj moduły	356
Zmieść się w oknie napięcia AC	357
Wybierz właściwy inwerter	357
Dobierz odpowiednią grubość przewodów	358
Dbaj o niską temperaturę komponentów	358
Doradź klientowi, by monitorował swój system	359
Regularnie oczyszczaj moduły	359
Dokonuj corocznej inspekcji modułów	360

- » Zapoznajemy się z krótką historią fotowoltaiki.
- » Przypominamy podstawy wiedzy o elektryczności i promieniowaniu słonecznym.
- » Wybieramy miejsce na montaż systemu PV oraz poznajemy różne komponenty systemu.
- » Dobieramy wielkość instalacji, aby Słońce działało na korzyść klienta.
- » Poznajemy regulacje dotyczące instalacji elektrycznych.

Rozdział **1**

Fotowoltaiczna rewolucja

W ostatnich latach systemy fotowoltaiczne zaczęły coraz częściej pojawiać się w domach prywatnych i firmach w całych Stanach Zjednoczonych. Wierz mi lub nie, ale pragnienie wykorzystania Słońca do zaspokajania naszych potrzeb elektrycznych nie jest niczym nowym. Ludzie ekscytowali się tym źródłem energii od chwili, gdy naukowcy odkryli materiały wytwarzające prąd pod wpływem ekspozycji na światło. Przedstawiony w tym rozdziale przegląd podstawowych informacji przygotuje Cię do wkroczenia w interesujący i wciąż rozwijający się świat energii słonecznej.

Krótko o przeszłości, teraźniejszości i przyszłości instalacji PV

Aby lepiej zrozumieć fotowoltaikę, warto wiedzieć, skąd wzięła się ta technologia, na jakim jest obecnie etapie i dokąd zmierza.

Zasady działania współczesnych ogniw słonecznych zostały odkryte w 1839 roku przez francuskiego fizyka Antoine'a Henriego Becquerela. Od tego czasu wielu badaczy zgłębiało i udoskonalalo ten wynalazek. W latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku w Bell Labs stworzono technologię fotowoltaiczną z przeznaczeniem do użytku w kosmosie. Wkrótce jednak wróciła ona na Ziemię i znalazła zastosowanie w terenowych punktach telekomunikacyjnych. W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych ubiegłego wieku ludzie zaczęli wykorzystywać moduły PV do ładowania akumulatorów i zasilania nimi różnego rodzaju źródeł oświetlenia i urządzeń w domach na odludziu. Ci pionierzy PV stworzyli podwaliny pod obecną branżę fotowoltaiczną.

Pierwsze ogniwa słoneczne nie były zbyt wydajne i zbyt powszechnie stosowane poza programami lotów w kosmos. Poza tym były dość kosztowne. Wraz z upływem lat jednak badaczom i producentom udało się radykalnie zwiększyć efektywność i niezawodność przy jednoczesnej znacznej redukcji cen. Wszystko to złożyło się na rozpowszechnienie modułów słonecznych i ich dostępność dla Ciebie i dla mnie. W poniższych sekcjach opiszę popularne zastosowania fotowoltaiki, wskażę krótko zalety i wady systemów PV oraz nakreślę przyszłość branży.

Typowe zastosowania fotowoltaiki

Współczesne systemy PV mają najróżniejsze zastosowania. Zasilają kalkulatory i pompy wodne, redukują ilość energii potrzebnej do oświetlenia autostrad oraz, rzecz jasna, zapewniają energię dla domów prywatnych i firm.

Dla mnie i dla Ciebie elektryczność jest dostępna niemal wszędzie, a systemy PV da się zintegrować z istniejącą siecią elektryczną. W oddalonych od cywilizacji rozwijających się miejscach fotowoltaika dostarcza cennej energii dla systemów oświetlenia, lodówek i produkcji czystej, pitnej wody.

Zalety i wady fotowoltaiki



ZAPAMIĘTAJ

Systemy PV mają kilka istotnych zalet. Produkowanie elektryczności ze Słońca jest korzystne dla środowiska, gdyż jest to obfite, odnawialne i dostępne każdego dnia źródło energii (owszem, panele są mniej wydajne w zachmurzone dni, ale i tak produkują wtedy pewną ilość elektryczności). Jest to także wysoce adaptowalne źródło. Możemy przyporządkować jedne panele do zasilania drobnej elektroniki, a inne do konkretnych odbiorników. Niewielka instalacja zasili Ci dom, a spora prześle dużą ilość energii do sieci. Po zainstalowaniu system PV może przez wiele lat służyć jako stabilne źródło ekologicznej energii elektrycznej praktycznie w każdym miejscu na ziemi.

W domach i firmach podłączonych do sieci systemy PV są uważane za *generację rozproszoną*, czyli źródła energii wytwarzanej w pobliżu miejsca jej poboru. Takie źródła zmniejszają obciążenie centralnych elektrowni, wysyłających elektryczność dla większości ludzi.



Systemy PV nie są właściwym rozwiązaniem dla wszystkich zastosowań. Mają także swoje wady. Na przykład:

- ▶ **Słońce nie jest ciągłym źródłem energii.** W nocy moduły nie produkują elektryczności, więc w niektórych sytuacjach konieczne będzie zastosowanie jakichś metod przechowywania energii na później (co zwiększa koszt i złożoność projektu i instalacji).
- ▶ **Obszar przeznaczony na produkcję energii jest znaczny w porównaniu z innymi źródłami.** Projekty na większą skalę wymagają wygospodarowania sporych połaci terenu lub dachu. Nie każdy posiadacz domu lub firmy ma dostępną taką przestrzeń.

Przyszłość fotowoltaiki

Większość osób zgadza się z potrzebą opracowania „alternatywnych” źródeł energii względem „konwencjonalnych”, bazujących na spalaniu paliw kopalnych, dlatego, wyrażając to za pomocą dość banalnej gry słów, energia słoneczna ma przed sobą świetlaną przyszłość. Zapotrzebowanie na elektryczność solarną w skali globalnej wciąż rośnie i w tę branżę inwestuje się imponujące ilości czasu, wysiłku i pieniędzy. Prowadzone są liczne badania i projekty rozwojowe, które mają na celu obniżenie kosztów i zwiększenie efektywności, aby można było oferować jeszcze lepsze systemy PV.

Wolałbym powstrzymać się od jakichkolwiek śmiałych prognoz na temat przyszłości technologii fotowoltaicznej; pomysły, które kilka lat temu uznałem za zbyt daleko posunięte i praktycznie niemożliwe do realizacji, okazały się funkcjonalnymi rozwiązaniami. Z całą pewnością mogę jednak stwierdzić, że w najbliższych latach akceptacja systemów PV i ich integracja z branżą budowlaną będzie wyłącznie rosnąć. Energia słoneczna nie jest jednak prostym rozwiązaniem złożonych problemów. Mimo to jestem gotów podjąć starania na różnych frontach, by doprowadzić do globalnego odejścia od przesadnej zależności od paliw kopalnych.

Komponenty systemów PV

Systemy PV mogą być niedorzecznie proste (podłącz odbiornik do modułu i korzystaj z odbiornika zgodnie ze swoimi potrzebami), jednak na pierwszy rzut oka mogą onieśmielać. Za każdym razem, gdy zabieram się do projektowania i instalowania takiego systemu, postrzegam ten proces jako życiową układankę, w której trzeba odpowiednio dobrać i dopasować wszystkie elementy. Każdy projekt jest na swój sposób unikalny i między innymi dlatego daję mi to tyle radości.



Mimo różnic w szczegółach, każdy system PV w domu lub w małej firmie będzie zawierał pewne konkretne elementy (które odgrywają w systemie istotne role).

- ▶▶ **Moduły PV:** pojedyncze elementy, które wystawiamy na słońce, aby produkowały elektryczność. Kilka modułów połączonych w różnych konfiguracjach to *zespół modułów PV*¹.
- ▶▶ **Zespół akumulatorów:** akumulatory oferują możliwość przechowywania energii wytworzonej przez instalację PV. Połączone ze sobą akumulatory tworzą *zespół* lub *bank akumulatorów*.
- ▶▶ **Inwertery (falowniki):** urządzenia, które przekształcają napięcie stałe z modułów PV lub akumulatorów na napięcie zmienne dla odbiorników.
- ▶▶ **Rozłączniki i zabezpieczenia nadprądowe:** te komponenty są niezbędne dla bezpiecznej pracy systemu i ludzi, którzy mają z nim styczność.

Dobre systemy on-grid, które odsyłają energię do sieci, stały się najpopularniejszym rozwiązaniem w miejscach z dostępem do sieci elektrycznej. Oferują zwiększoną efektywność i wymagają mniej czynności konserwacyjnych, a do tego cechują się niższym kosztem w porównaniu z systemami akumulatorowymi. Ich wadą jest jedynie niemożność korzystania z energii w sytuacji zaniku napięcia w sieci. Na szczęście dla osób podłączonych do sieci takie zaniki są raczej rzadkością, a gdy do nich dochodzi, nie trwają zbyt długo.

Systemy akumulatorowe działają niezależnie od sieci (w odłączeniu od niej) lub jako zapasowe zasilanie (w połączeniu z siecią).

W rozdziale 2. opisuję wszystkie główne komponenty niezbędne do stworzenia systemu PV — zarówno on-grid, jak i akumulatorowego — oraz ich powiązań z pozostałymi elementami układanki. Tam też wyjaśniam kwestię doboru właściwego systemu dla danego klienta.

Elektryczne ABC

Dla poprawnego projektowania i instalowania systemów PV konieczna jest znajomość koncepcji elektrycznych i podstawowych równań. Chodzi o to, by znać podstawowe pojęcia i obliczenia elektryczne (bez obaw, całkowanie jest niepotrzebne) i komfortowo się nimi posługiwać. Po jakimś czasie projektowania i in-

¹ Niektórzy eksperci zalecają, by „panel” rozumieć jako zestaw wstępnie zmontowanych i okablowanych modułów, a „pole modułów” (ang. *array*) jako mechanicznie zintegrowany zespół modułów lub paneli. Sęk w tym, że potocznie „panel” jest utożsamiany z „modułem”, a fraza „pole modułów” jest praktycznie nieznaną. Aby uniknąć nieporozumień, w miejsce „pola modułów” używam intuicyjnie zrozumiałej frazy „zespół modułów”, a jeśli pojawia się termin „panel”, zaznaczam, że nie chodzi o synonim „modułu” — *przyp. tłum.*

stalowania systemów PV zorientujesz się, że korzystasz z tych koncepcji na co dzień.

Jeśli nie zdarzyło Ci się jeszcze otworzyć urządzenia elektrycznego z obawy przed czającymi się w środku potworami lub jeśli potrzebujesz odświeżenia terminologii, przejrzyj informacje z rozdziału 3. Branżowe pojęcia i wyrażenia, od których roi się w świecie fotowoltaiki (i z których wiele ma elektryczne korzenie), będą dla Ciebie znacznie bardziej zrozumiałe.

ABC zasobów energii słonecznej

Zasoby energii słonecznej to ilość energii słonecznej odbieranej na danym miejscu. Poniżej znajdziesz kilka terminów służących do opisanie intensywności promieniowania docierającego do Ziemi (są one dość często spotykane w projektach fotowoltaicznych, więc polecam Ci się z nimi zaznajomić; szczegółowe informacje na temat relacji między Słońcem i Ziemią znajdziesz w rozdziale 4.).

- ▶▶ **Azymut** — odchylenie Słońca (i modułów) względem północy, wyrażane w stopniach.
- ▶▶ **Irradiancja** — intensywność promieniowania słonecznego w danym momencie.
- ▶▶ **Napromieniowanie** — ilość energii słonecznej uzyskanej w danym czasie (zazwyczaj w ciągu jednego dnia).
- ▶▶ **Okno słoneczne** — część nieba, na którym Słońce pojawia się nad określonym miejscem na Ziemi. Jest ono różne w zależności od szerokości geograficznej. Dobrze jest zadbać o to, by okno słoneczne modułów nie było przesłonięte żadnymi przeszkodami.
- ▶▶ **Nachylenie** — wyrażane w stopniach odchylenie modułów od poziomu.

To nie wszystko, co należy wiedzieć o zasobach energii słonecznej. Lokalizacja na globie ma znaczący wpływ na całą instalację. W rozdziale 4. wyjaśniam też, jak wyznaczyć okno, które dla optymalnej sprawności modułów powinno być odsłonięte, oraz opisuję, co wpływa na drogę światła do Ziemi.

Analiza miejsca montażu modułów

Systemy PV są wspaniałe, wręcz magiczne, ale same z siebie nie zdziałają cudów. Musisz zapewnić im jak największe szanse na to, by zachwyły Twojego klienta. Innymi słowy, musisz sprawdzić miejsce montażu modułów i upewnić się, że na drodze światła do nich nie ma żadnych przeszkód.



Cień jest Twoim wrogiem, przyjrzyj się więc krytycznie potencjalnym miejscom montażu, gdy oglądasz daną lokalizację. Niewielkie cienie w niektórych porach roku są czasem nieuniknione, ale Twoim zadaniem jest przewidzieć i maksymalnie ograniczyć takie ewentualności.

W rozdziale 5. wyjaśniam, na co zwracać uwagę i jak poprawnie ocenić potencjał danego miejsca. Opisuję także najpopularniejsze narzędzia, jakie warto w tym celu mieć pod ręką.

Bardziej szczegółowo o komponentach systemów PV

Systemy PV składają się z wielu interesujących komponentów, które nawet wytrawnego elektryka mogą wprawić w zdumienie. Poniżej opisuję te najważniejsze, żeby zwiększyć Twoją pewność odnośnie do możliwości, ograniczeń i budowy wszystkich kluczowych składników systemu PV. Szczерze polecam Ci nie omijać tych fragmentów i poznać podstawowe funkcje wspomnianych komponentów, bo bez tego projektowane przez Ciebie systemy będą tylko kupą skrzynki i części, które niekoniecznie zadziałają tak, jak powinny.

Moduły PV

To w modułach PV zaczyna się cała magia. Wytwarzają one prąd i napięcie, a właściwie podłączone wykonują użyteczną pracę (dla mnie to większa magia niż doprowadzenie do zniknięcia mostu). W rozdziale 6. przedstawiam parametry modułów, do których będziesz się wielokrotnie odwoływać w trakcie projektowania i instalowania systemów. Wyjaśnię także, dlaczego moduły są zdane na łaskę otoczenia i będą reagować na warunki słoneczne i temperaturowe, na jakie zostaną wystawione.

Akumulatory

Jeśli chcesz przechować wytworzoną przez moduły energię w celu późniejszego wykorzystania, potrzebujesz akumulatorów. W rozdziale 7. omawiam liczne dostępne opcje oraz wyjaśniam podstawy konstrukcyjne i zasady działania akumulatorów (te informacje Ci się przydadzą, gdy będziesz wybierać konkretne urządzenia do systemów akumulatorowych).



Gdy system PV wymaga użycia akumulatorów, musisz określić następujące parametry:

- ▶▶ **dzienne zapotrzebowanie klienta na energię elektryczną,**
- ▶▶ **oczekiwaną przez klienta liczbę dni działania systemu bez doładowywania akumulatorów,**

- » ilość dostępnej energii słonecznej, która będzie ładować akumulatory,
- » temperaturę przechowywania akumulatorów.

Regulatory ładowania

Gdy używasz akumulatorów, musisz zadbać o to, by były właściwie ładowane przez moduły. Po to właśnie są regulatory ładowania. W rozdziale 8. pokazuję, jak ocenić różne najczęściej stosowane technologie regulacji ładowania oraz wyjaśniam ich wpływ na to, by moduły dostarczały akumulatorom maksymalną ilość energii. Nakreślam także w zarysie różne funkcje regulatorów oraz ich parametry, które należy rozważyć, projektując system akumulatorowy.

Inwertery (falowniki)

Ponieważ moduły i zespoły akumulatorów wytwarzają i przechowują prąd stały, w systemie PV niemal zawsze trzeba uwzględnić inwerter (często więcej niż jeden, w zależności od rozmiarów instalacji). Inwerter przekształca napięcie stałe w napięcie zmienne potrzebne większości odbiorników w domu i w firmach.



ZAPAMIĘTAJ

- » Rodzaje inwerterów stosowanych w systemach PV omawiam w rozdziale 9., generalnie jednak możemy podzielić inwertery na przeznaczone do instalacji on-grid lub off-grid.
- » Wszystkie inwertery do instalacji on-grid współpracują z siecią (co oznacza, że są w stanie przesłać elektryczność z modułów do sieci).
- » Z kolei inwertery przeznaczone do instalacji akumulatorowych występują albo w wersji współpracującej z siecią, albo w wersji autonomicznej (wtedy nie mogą przysyłać elektryczności do sieci i nadają się wyłącznie do zastosowań off-grid).

Przewody i urządzenia zabezpieczające

Bezpieczeństwo jest jednym z najważniejszych elementów, jakie należy rozważyć w procesach projektowania i instalacji. Aby uzyskać odpowiedni poziom bezpieczeństwa, musimy zainstalować właściwą liczbę urządzeń zabezpieczających oraz prawidłowo wszystko podłączyć. W rozdziale 10. opisuję różne rodzaje *przewodników* (przewodów), izolacji ochronnej oraz zabezpieczeń nadprądowych, koniecznych, by przez przewody nie popłynął zbyt duży prąd.

Innym istotnym komponentem zabezpieczającym jest rozłącznik, który pozwala (jak można się domyślić) na odłączenie modułów od inwertera. Po odłączeniu modułów możesz bezpiecznie dokonać serwisu pozostałych komponentów systemu PV.



Ponieważ z systemem mogą mieć kontakt inni ludzie (na przykład ratownicy), musisz zadbać o ich bezpieczeństwo i oznakować wszystko tak, by łatwo mogli się we wszystkim zorientować.

Na koniec trzeba wspomnieć, że przewody w systemie PV w pewnym momencie mogą ulec uszkodzeniu i staną się potencjalnie niebezpieczne. Wyłączniki różnicowoprądowe pomagają zabezpieczyć się przed zagrożeniami pożarowymi na wypadek uszkodzenia przewodów. Inwertery współpracujące z siecią są wyposażone w takie wyłączniki, ale w systemach wyspowych trzeba je zainstalować osobno.

Dobór wielkości systemu PV



Aby system PV działał właściwie i spełniał oczekiwania klienta, w fazie projektowania musisz poświęcić odpowiednią ilość czasu na ocenę poszczególnych komponentów i ich interakcję z pozostałymi komponentami. W trakcie *doboru wielkości* (czyli ustalania liczby modułów do zainstalowania w danym systemie) musisz uwzględnić budżet klienta, miejsce montażu modułów oraz parametry poszczególnych komponentów.

W tej sekcji wyjaśniam podstawy wymiarowania dwóch głównych rodzajów systemów oraz poruszam kwestię doboru odpowiednich zabezpieczeń.

Systemy on-grid

Systemy on-grid oferują większą elastyczność niż systemy akumulatorowe, gdyż nie musimy się przejmować kwestią przechowywania elektryczności. Dzięki obecności sieci użytkownik ma pewność, że w razie potrzeby będzie w stanie uruchomić wszystkie swoje odbiorniki. Mimo to musisz starannie rozważyć projektowaną instalację modułów oraz jej komponenty. W rozdziale 11. pokazuję, co należy wziąć pod uwagę w procesie wymiarowania i projektowania, począwszy od zużycia energii w danym miejscu, a skończywszy na wymogach sieci dotyczących możliwości podłączenia do niej oraz na kalkulacjach pozwalających dopasować zespół modułów do inwertera.

Systemy akumulatorowe

Zanim będziesz w stanie wyznaczyć wielkość systemu akumulatorowego (zarówno współpracującego z siecią, jak i wyspowego), musisz oszacować zużycie energii przez odbiorniki zasilane przez zespół akumulatorów. Dopiero po tym kroku możesz dobrać wielkość komponentów systemu, a konkretnie — pojemność akumulatorów, moc modułów fotowoltaicznych oraz regulator ładowania i inwerter. Ten proces wyjaśniam w rozdziale 12. (zajrzyj tam także wtedy, gdy w systemie akumulatorowym musisz uwzględnić generator).

Przewody i zabezpieczenia

Systemy PV mają pewne unikalne właściwości, które wymagają Twojej uwagi, gdy dobierasz przewody i zabezpieczenia. Przewody są narażone na działanie dość wysokich temperatur, płynący przez nie prąd jest zdany na łaskę promieni słonecznych, a jakby tego było mało, musisz wyszukać specjalne komponenty przeznaczone dla prądu stałego. Ale bez obaw. W rozdziale 14. przeprowadzę Cię przez procesy wyboru właściwych przewodów i zabezpieczeń nadprądowych.

Uruchomienie systemu PV

Po poświęceniu czasu na projektowanie systemu będziemy gotowi na prawdziwą zabawę: wyjście na zewnątrz i podłączenie modułów. W poniższych sekcjach przedstawiam poszczególne etapy procesu instalacji, żeby Ci go ułatwić. Rzecz jasna, każda sytuacja, z jaką się spotkasz, będzie nieco inna, lecz podstawowe idee i procesy pozostaną takie same.

Pozwolenia

Przed zainstalowaniem systemu PV trzeba zadbać o pewną istotną kwestię: pozwolenia. Lokalny wydział budownictwa jest odpowiedzialny za wydawanie pozwoleń na wszelkie instalacje fotowoltaiczne². W USA musisz złożyć wniosek o pozwolenie na budowę tak jak w przypadku każdej innej dużej inwestycji budowlanej.



ZAPAMIĘTAJ

Generalnie w USA potrzebne Ci są dwa pozwolenia: elektryczne i budowlane. Pozwolenie elektryczne jest po to, by wydział budownictwa wiedział, że system jest bezpieczny od strony elektrycznej, a pozwolenie na budowę ma zapewnić budynkowi bezpieczeństwo od uszkodzeń mechanicznych (pełny opis procesu zdobywania pozwoleń znajdziesz w rozdziale 14.).

Bezpieczeństwo

Bezpieczeństwo wszystkich jednostek na miejscu pracy powinno być najważniejszym aspektem każdej instalacji — i kropka. Instalowanie systemu PV wiąże się z licznymi zagrożeniami. Obowiązują Cię zarządzenia agencji rządowej OSHA dotyczące branż budowlanych, więc musisz dopilnować, by spełniać te wymaga-

² W aktualnej sytuacji prawnej w Polsce nie jest wymagane pozwolenie na budowę w przypadku instalacji małej mocy (do 50 kW), zarówno na budynku, jak i naziemnej, o ile nie instalujemy jej na zabytku, a wysokość montowanych urządzeń nie przekracza 3 metrów. Gdy moc instalacji przekracza 6,5 kW, trzeba zadbać, by projekt był zgodny z wymogami ochrony przeciwpożarowej oraz zawiadomić Państwową Straż Pożarną o zakończeniu instalacji i zamiarze rozpoczęcia jej użytkowania — *przyp. tłum.*

nia. Na stronie internetowej agencji (www.osha.gov) znajdziesz mnóstwo informacji i zasobów, które pomogą Ci zadbać o maksymalne bezpieczeństwo miejsca pracy³.



ZAPAMIĘTAJ

To, że w systemach PV mamy do czynienia z energią słoneczną, nie oznacza, że nie przedstawiają one podobnych zagrożeń porażeniowych, jak wszystkie inne układy elektryczne. Nigdy o tym nie zapominaj. Poza tym, ponieważ systemy PV czerpią energię ze Słońca, będziesz pracować na drabinach, dachach i w miejscach narażonych na działanie żywiołów — co niesie ze sobą kolejne zagrożenia, o jakich trzeba pamiętać. (Przegląd podstawowych środków bezpieczeństwa do rozważenia oraz metod dbania o bezpieczeństwo podczas instalacji, zarówno swoje, jak i innych ludzi, znajdziesz w rozdziale 15.).



OSTRZEŻENIE

Wystarczy jeden wypadek, żeby nie tylko spowodować poważne obrażenia u człowieka, lecz pogrążyć całą firmę. Zrób więc, co w Twojej mocy, żeby bezpieczeństwo było na pierwszym miejscu w trakcie każdych prac instalacyjnych.

Montaż elementów mechanicznych

Dla wielu instalatorów systemów PV najtrudniejsza jest mechaniczna część procesu instalacji, czyli przytwierdzanie rusztowań na moduły oraz ocena interakcji między zespołem modułów i budynkiem. W zależności od miejsca budowy (na dachu lub na ziemi) mechaniczny montaż komponentów może zająć znaczną część czasu spędzonego na miejscu docelowym. W rozdziale 16. znajdziesz szczegółowy przegląd problemów, z jakimi zetkniesz się w trakcie mechanicznego montażu komponentów systemu PV oraz propozycje efektywnych rozwiązań tych problemów.



ZAPAMIĘTAJ

Systemy PV często instaluje się na dachach, zwłaszcza w budynkach mieszkalnych. Zawsze, gdy pracujesz nad takim systemem, musisz starannie przemyśleć metodę przytwierdzenia go do dachu. Z kolei w przypadku instalacji naziemnych (w tym montowanych na słupkach) konstrukcja musi utrzymać moduły na swoich miejscach, ale jednocześnie nie może być przesadzona (to nie schron przeciwatomowy).

Montaż elementów elektrycznych

Instalacja elektryczna to ta część systemu PV, która przykuwa najwięcej uwagi — i całkiem słusznie, zważywszy na liczne regulacje, którym należy się podporządkować. Większość regulacji obowiązujących w USA znajdziesz w artykule 690 *National Electrical Code*[®] (NEC[®])⁴. Nieco dalej w tym rozdziale opisuję bliżej ten

³ W Polsce w tej kwestii obowiązują przepisy BHP — *przyp. tłum.*

⁴ W Polsce obowiązuje norma PN-HD 60364-7-712:2016-05 dotycząca instalacji elektrycznych w obiektach budowlanych — *przyp. tłum.*

kodeks. (**Uwaga:** niektóre wydziały budownictwa mogą mieć dodatkowe wymogi, więc upewnij się w odpowiednim wydziale, czy Twoje dane są aktualne).

W rozdziale 17. przeprowadzę Cię przez różne związane z elektrycznością aspekty montażu i będę wtedy wspominał o odpowiednich rozporządzeniach. Opiszę wymogi odnośnie do poszczególnych komponentów, takich jak rozłączniki i zabezpieczenia nadprądowe, oraz udzielę wskazówek na temat nieśmiertelnego tematu uziemienia w systemach PV (oraz metod uziemiania powszechnie stosowanych w USA). Zwrócę także uwagę na wymogi związane z podłączeniem systemu PV do sieci elektrycznej.



ZAPAMIĘTAJ

Nie musisz znać na pamięć wszystkich przepisów, musisz jednak znać związane z nimi wymogi, żeby móc je skutecznie wypełniać w trakcie projektowania i instalowania systemów PV.

Pierwsze uruchomienie, przegląd systemu i jego konserwacja

Po zainstalowaniu systemu trzeba go przetestować (czyli wcisnąć włącznik, aby magiczne elektrony z modułów rozpoczęły swą pracę). Nie wpadaj jednak w przesadną ekscytację, lecz poświęć odpowiednią ilość czasu na poprawną instalację, żeby nie spędzić następnych trzech tygodni na naprawianiu problemu, który dało się wykryć wcześniej. Proces przeglądu systemu oraz pierwszego uruchomienia opisuję w rozdziale 18.

Gdy już sprawdzisz działanie systemu, trzeba go wyłączyć i poczekać na inspekcję z wydziału budowlanego⁵. Umów się z inspektorem na miejscu, aby wszystko zobaczył. Jego zadaniem jest sprawdzenie, czy zostały spełnione wszystkie podstawowe wymogi i czy zostały zainstalowane wszystkie zapowiedziane komponenty. Jeśli zauważy jakieś poważne problemy, spíše je i zobowiąże Cię do ich usunięcia, zanim wyda zgodę na użytkowanie. Sięgnij do rozdziału 18., aby poznać wszystkie wymogi i popularne problemy z instalacjami PV.



WSKAZÓWKA

Aby uniknąć zbyt długiego zawieszenia na procesie inspekcji, porozmawiaj z inspektorem wcześniej (na przykład w momencie składania wniosku o pozwolenie na budowę). W ten sposób będziesz mieć pewność, że spełnisz wszystkie wymogi lokalnego wydziału budownictwa i uzyskasz wstępną zgodę na elementy w rodzaju uziemienia i zastosowanych oznaczeń już w fazie projektowania instalacji (gdy najłatwiej dokonać zmian).

Nie myśl, że to koniec, gdy uzyskasz aprobatę inspektora. Nawet najlepiej zaprojektowany system wymaga przeglądów i konserwacji. W rozdziale 18. wyłuszczam popularne problemy konserwacyjne, na jakie warto zwrócić uwagę, oraz

⁵ W Polsce wystarczy zawiadomić Państwową Straż Pożarną o zakończeniu instalacji i zamiarze rozpoczęcia jej użytkowania, o ile moc instalacji przekracza 6,5 kW — *przyp. tłum.*

udzielam wskazówek na temat ich rozwiązywania (oraz tego, kto jest za to odpowiedzialny).

Wstępne wskazówki dotyczące wymogów elektrycznych

Gdy zabierzesz się do instalacji systemu PV, w tym do montażu elementów elektrycznych, musisz znać związane z tym wymogi. W USA te wytyczne wskazuje *National Electrical Code*[®] (*NEC*[®]) zwany także *NFPA 70*[®] od nazwy organizacji, która opublikowała ten dokument (*National Fire Protection Association*)⁶. W całej książce co rusz nawiązuję do tego kodeksu i wskazuję konkretne przepisy i rozwiązania⁷.

⁶ W Polsce obowiązuje norma PN-HD 60364-7-712:2016-05 dotycząca instalacji elektrycznych w obiektach budowlanych, a w przypadku systemu o mocy powyżej 6,5 kW należy uzgodnić projekt z rzeczoznawcą do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej — *przyp. tłum.*

⁷ W przypadku takich nawiązań w dalszej części książki wskazuję odpowiednie regulacje obowiązujące w Polsce — *przyp. tłum.*

PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —



1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA
Helion 

Wejdź w świat energii solarnej

Szukasz pracy w ekscytującej i dynamicznej branży projektowania i instalowania systemów fotowoltaicznych? Oto książka, która pomoże Ci zrozumieć działanie komponentów stosowanych we wszystkich rodzajach systemów PV, od modułów i akumulatorów po regulatory ładowania i inwertery. Ten podręcznik i przystępny przewodnik, opisujący pracę z systemami domowymi i niewielkimi systemami komercyjnymi, zapewni Ci fundamenty pozwalające na prawidłowe i bezpieczne stworzenie systemu od początku do końca.



W książce:

- Podstawy opisane prostym językiem
- Wybór systemu odpowiadającego potrzebom
- Miejsce montażu modułów
- Zasada działania modułów
- Dobór wielkości systemu PV

Ryan Mayfield

pracuje w branży energii odnawialnej od 1999 roku. Jest prezesem Mayfield Renewables (dawniej Renewable Energy Associates), firmy konsultingowej oferującej projektowanie komercyjnych systemów PV oraz wsparcie i usługi edukacyjne. Pracuje także jako redaktor do spraw systemów technicznych w magazynie „StarPro”, w którym regularnie publikuje tematyczne artykuły.

Cover Image: © Watchara Kokram/iStockphoto

septem
septem.pl

Sprawdź najnowsze promocje:
• <http://dlabystrzakow.pl/promocje>
Książki najchętniej czytane:
• <http://dlabystrzakow.pl/bestsellery>
Zamów informacje o nowościach:
• <http://dlabystrzakow.pl/novosci>

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
e-mail: rad@dlabystrzakow.pl
<http://dlabystrzakow.pl>

dla
bystrzaków

Zamówienia telefoniczne:

 0 801 339900  0 601 339900

Cena 79,00 zł

ISBN 978-83-283-7767-7



9 788328 377677