

Politechnika Częstochowska

**KIERUNKI I PERSPEKTYWY ROZWOJU  
ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII  
WYBRANE ASPEKTY**

pod redakcją  
Anny Gawlak

Monografia



Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej

Częstochowa 2022

## Recenzent

prof. dr hab. inż. Jerzy Szkutnik

## Redakcja

Lucyna Żyła

## Redakcja techniczna

Robert Świerczewski

## Projekt okładki

Dorota Boratyńska

## Autorzy:

Anna Gawlak – rozdz. 1, 11

Marcin Panowski – rozdz. 2

Andrzej Kacprzak – rozdz. 3

Michał Wichliński – rozdz. 4

Zinoviy Kohut – rozdz. 5

Rafał Rajczyk – rozdz. 6

Fedir Ivashchyshyn – rozdz. 7

Mirosław Kornatka – rozdz. 8

Janusz Sowiński – rozdz. 9

Ihor Bordun – rozdz. 10

ISBN 978-83-7193-874-0

e-ISBN 978-83-7193-875-7

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2022

© Copyright by Anna Gawlak, Częstochowa 2022



Publikacja udostępniona na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjne 4.0 Międzynarodowa (CC BY-NC 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

## PRZEDMOWA

Konsekwentna polityka Unii Europejskiej w kwestii powstrzymania niekorzystnych zmian klimatu, związanych z emisją dwutlenku węgla, wymusiła na krajach członkowskich różnorodne działania, między innymi rozwój sektora odnawialnych źródeł energii. Obecna sytuacja geopolityczna sprawia, że ceny surowców gwałtownie rosną, a niezależność energetyczna staje się obecnie głównym celem Europy. Nie ulega wątpliwości, że kluczową rolę w tej energetycznej transformacji odegrają odnawialne źródła energii. Dużym i trwałym efektem będzie znaczne przyspieszenie inwestycji w energię odnawialną przy znacznie większej ilości energii słonecznej i wiatrowej zarówno na lądzie, jak i na morzu. Fakt, że ekoenergetyczne rozwiązania gwarantują zerową emisję, był zwykle postrzegany jako główna zaleta energii odnawialnej. Od tej chwili kraje importujące energię będą również przywiązywać dużą wagę do energii odnawialnej traktowanej jako energia lokalna.

Książka obejmuje zagadnienia dotyczące szeroko rozumianych odnawialnych źródeł energii. W rozdziale 1 *Krajowy System Elektroenergetyczny* omówiono takie zagadnienia, jak: wytwarzanie i struktura produkcji energii elektrycznej, także w małych instalacjach, sieć przesyłowa i dystrybucyjna, kierunki innowacji w obszarze dystrybucji, straty energii w sieciach dystrybucyjnych. Rozdział 2 *Podstawy wytwarzania energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii* omawia podstawowe informacje związane z procesami oraz instalacjami znajdującymi swoje miejsce podczas wytwarzania energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii. Zaprezentowano podstawy zjawiska fotoelektrycznego oraz konwersji energii kinetycznej płynów na energię elektryczną, a także omówiono skrótowo systemy energetyki wiatrowej, słonecznej i wodnej. W rozdziale 3 *Energetyka wiatrowa* przedstawiono przegląd różnych podejść projektowych i omówiono takie kwestie, jak historyczny rozwój energetyki wiatrowej, podstawy teoretyczne konwersji energii wiatru, klasyfikacja i budowa turbin wiatrowych, a także aktualny stan rozwoju energetyki wiatrowej na świecie, w Europie i w Polsce. Rozdział 4 *Instalacje fotowoltaiczne* opisuje źródło energii słonecznej, przedstawia wartości natężenia promieniowania słonecznego na terenie Polski. Prezentuje rodzaje promieniowania słonecznego oraz strukturę produkcji energii elektrycznej w Polsce w 2021 roku z wyszczególnieniem energetyki słonecznej. Omówia rodzaje modułów fotowoltaicznych oraz falowników i sposoby podłączenia instalacji fotowoltaicznej do sieci elektroenergetycznej. Rozdział 5 *Podstawy zwiększenia efektywności wytwarzania energii elektrycznej w systemach fotowoltaicznych* zawiera takie zagadnienia, jak: wytwarzanie energii w systemach fotowoltaicznych czy też systemy wykorzystane w panelach fotowoltaicznych. Rozdział 6 *Spalanie palm kernel shell w warunkach cyrkulacyjnej warstwy fluidalnej* przedstawia wyniki kompleksowych badań procesu spalania biomasy stałej – palm kernel shell (PKS), w warunkach cyrkulacyjnej warstwy

fluidalnej. Wykonano analizę techniczną i elementarną paliwa, badano skład gazów spalinyowych powstających ze spalania PKS, wykonano również badania procesu narastania osadów na tzw. sondzie do foulingu. Energetyczne wykorzystanie PKS minimalizuje ryzyko wystąpienia problemów eksploatacyjnych, takich jak popieleń, żużlowanie czy też korozja. PKS może stanowić wartościowe paliwo dla energetyki i ciepłownictwa. Rozdział 7 *Magazynowanie energii elektrycznej* prezentuje przegląd elektrochemicznych systemów magazynowania energii elektrycznej. Omawia zasadę ich działania oraz sposoby wykorzystania w kompleksowych systemach energetyki odnawialnej. Wskazuje zalety i wady najbardziej rozpowszechnionych akumulatorów elektrycznych. Zaproponowano również teoretyczne podejścia do wykonywania obliczeń systemów akumulatorowych dla elektrowni słonecznych i wiatrowych. Rozdział 8 *Niezawodność systemu dystrybucji energii w aspekcie elektromobilności* zawiera ogólną ocenę poziomu niezawodności krajowego systemu dystrybucyjnego oraz przedstawia wybrane problemy związane z rozwojem elektromobilności w Polsce. W rozdziale 9 *Systemowe aspekty rozwoju OZE* omówiono prognozy krajowe rozwoju i wykorzystania OZE w systemie elektroenergetycznym, aspekty prawne przyłączy OZE, systemy ekonomiczne wsparcia OZE, nowoczesne technologie wspierające produkcję energii elektrycznej z OZE – magazyny energii, rynek usług regulacyjnych w systemie elektroenergetycznym w sytuacji zwiększającego udziału OZE, efektywność ekonomiczną instalacji OZE, efektywność ekonomiczną technologii OZE – analiza przypadku, *grid parity* technologii OZE w Polsce. W rozdziale 10 *Cyfryzacja w energetyce: nowe możliwości i wyzwania* pokazano sposoby i środki cyfrowej transformacji przedmiotowego sektora gospodarki. Zwrócono uwagę na rolę odnawialnych źródeł energii, co złagodzi zmiany klimatyczne, jednak będzie wymagać nowych podejść do ich integracji z systemem energetycznym. Nowoczesne technologie, przede wszystkim takie jak Internet Rzeczy, będą miały szerokie zastosowanie w energetyce, tj. w produkcji, dostawach, transporcie, dystrybucji i zapotrzebowaniu na energię. Technologie cyfrowe mają potencjał do wykorzystania w budowie inteligentnych sieci elektroenergetycznych, zwiększenia efektywności energetycznej, zwiększenia udziału energii odnawialnej w sektorze energetycznym oraz zmniejszenia wpływu zużycia energii elektrycznej na środowisko. Ponadto rozpatrzono możliwe problemy wdrożenia technologii cyfrowych w energetyce, obejmujące m.in. poufność i bezpieczeństwo. Ustalono, że w celu maksymalizacji potencjału cyfrowej transformacji energetyki konieczne jest wypracowanie wspólnych podejść i systemowej wizji cyfryzacji, która byłaby jasna i wspólna dla wszystkich podmiotów w branży. Rozdział 11 *Aspekty formalnoprawne OZE* obejmuje problematykę: międzynarodowe organizacje i dokumenty normatywne, dokumenty UE w zakresie OZE, polskie dokumenty w zakresie OZE.

Książka będzie pomocna pracownikom naukowo-dydaktycznym zajmującym się tematyką hybrydowego zasilania systemu elektroenergetycznego oraz przedstawicielom szczebla zarządzającego przedsiębiorstw funkcjonujących w sektorze energetycznym.