

HENRYK MARKIEWICZ



# Instalacje elektryczne



wydanie 9 zmienione

Wydawnictwo WNT



# Instalacje elektryczne



HENRYK MARKIEWICZ

# Instalacje elektryczne

Wydanie dziewiąte zmienione

Wydawnictwo WNT



[Kup książkę](#)

Projekt okładki i stron tytułowych: **GRAFOS**  
Fotografia na okładce: **@ sumkinn/shutterstock**  
Wydawca: **Adam Filutowski**  
Koordynator ds. redakcji: **Adam Kowalski**  
Redaktorzy: **mgr inż. Barbara Chojnowska-Ślisz (1. wydanie)**  
Redakcja 9. wydania (2018): **Agnieszka Jaworska**  
Produkcja: **Mariola Grzywacka**  
Dział reklamy: **Małgorzata Pasenik (Małgorzata.Pasenik@pwn.pl)**  
Skład i łamanie: **Grafini, Brwinów**

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

Szanujmy cudzą własność i prawo  
Więcej na [www.legalnakultura.pl](http://www.legalnakultura.pl)  
*Polska Izba Książki*

Copyright © by Wydawnictwo WNT  
Warszawa 1996 – 2008

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA  
Warszawa 2018

ISBN: 978-83-01-20018-3

**Wydanie IX (zmienione)** – I wydanie WN PWN  
Warszawa 2018

Wydawnictwo Naukowe PWN SA  
02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2  
tel. 22 69 54 321; faks 22 69 54 288  
infolinia 801 33 33 88  
e-mail: [pwn@pwn.com.pl](mailto:pwn@pwn.com.pl); [reklama@pwn.pl](mailto:reklama@pwn.pl)  
[www.pwn.pl](http://www.pwn.pl)

Druk i oprawa: OSDW Azymut Sp z o.o

**Kup książkę**



# Spis treści



|                                                                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Przedmowa do wydania dziewiątego</b>                                                                                                              | <b>11</b> |
| <b>1. Klasyfikacja instalacji, urządzeń elektrycznych i środowiska oraz niektóre wymagania ogólne</b>                                                | <b>13</b> |
| 1.1. Podział instalacji elektrycznych                                                                                                                | 13        |
| 1.2. Definicje pojęć dotyczących instalacji elektrycznych i ochrony przeciwporażeniowej                                                              | 15        |
| 1.3. Zakresy napięciowe sieci rozdzielczych i instalacji elektrycznych                                                                               | 21        |
| 1.4. Układy sieci i instalacji elektrycznych niskiego napięcia                                                                                       | 23        |
| 1.5. Sposoby wykonania urządzeń ze względu na wymagania dotyczące ochrony przeciwporażeniowej i ochrony przed szkodliwymi oddziaływaniami środowiska | 26        |
| 1.6. Rodzaje pracy urządzeń elektrycznych                                                                                                            | 29        |
| 1.7. Klasyfikacja wpływów środowiska i zasady doboru niektórych parametrów urządzeń uwzględniające oddziaływanie środowiska                          | 31        |
| <b>2. Zasady obliczania prądów zwarciovych</b>                                                                                                       | <b>37</b> |
| 2.1. Definicje oraz podstawowe zależności                                                                                                            | 37        |
| 2.2. Przykład obliczeniowy                                                                                                                           | 45        |
| <b>3. Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać instalacje elektryczne</b>                                                                        | <b>49</b> |
| 3.1. Wymagania ogólne                                                                                                                                | 49        |
| 3.2. Jakość energii elektrycznej                                                                                                                     | 52        |
| 3.3. Układy zasilania odbiorców                                                                                                                      | 57        |
| 3.4. Praca odbiorników przy obniżonej jakości energii elektrycznej                                                                                   | 68        |
| 3.4.1. Wiadomości ogólne                                                                                                                             | 68        |
| 3.4.2. Wpływ zmian napięcia                                                                                                                          | 68        |
| 3.4.3. Wpływ szybkich zmian napięcia                                                                                                                 | 69        |

|        |                                                                                    |    |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.4. | Wpływ asymetrii układu zasilania                                                   | 71 |
| 3.4.5. | Wpływ odkształcenia napięcia                                                       | 72 |
| 3.4.6. | Wpływ zmian częstotliwości                                                         | 73 |
| 3.4.7. | Wpływ odchyień parametrów napięcia na pracę przekształtników energoelektronicznych | 73 |
| 3.5.   | Złącza i rozdzielnice główne                                                       | 74 |
| 3.6.   | Wewnętrzne linie zasilające                                                        | 77 |
| 3.7.   | Instalacje elektryczne odbiorcze                                                   | 80 |
| 3.8.   | Moce obliczeniowe i prądy szczytowe                                                | 84 |
| 3.9.   | Uziomy fundamentowe                                                                | 93 |
| 3.10.  | Rozliczeniowe pomiary energii elektrycznej                                         | 95 |

## 4. Łączniki elektroenergetyczne niskiego napięcia 97

|        |                                                     |     |
|--------|-----------------------------------------------------|-----|
| 4.1.   | Wiadomości ogólne                                   | 97  |
| 4.2.   | Łączniki ręczne                                     | 102 |
| 4.3.   | Wyłączniki                                          | 107 |
| 4.3.1. | Zasada budowy i niektóre właściwości                | 107 |
| 4.3.2. | Wyłączniki instalacyjne                             | 110 |
| 4.3.3. | Wyłączniki silnikowe                                | 112 |
| 4.3.4. | Wyłączniki sieciowe i stacyjne                      | 114 |
| 4.3.5. | Wyłączniki ograniczające                            | 115 |
| 4.3.6. | Wyłączniki różnicowoprądowe                         | 118 |
| 4.3.7. | Gniazda wtyczkowe z wyłącznikami różnicowoprądowymi | 125 |
| 4.3.8. | Niektóre inne konstrukcje łączników                 | 126 |
| 4.4.   | Łączniki stycznikowe                                | 131 |
| 4.5.   | Bezpieczniki                                        | 134 |

## 5. Przewody i kable elektroenergetyczne 143

|        |                                                                                                           |     |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.   | Przewody elektroenergetyczne                                                                              | 143 |
| 5.2.   | Kable elektroenergetyczne i sygnalizacyjne                                                                | 149 |
| 5.3.   | Przewody szynowe                                                                                          | 151 |
| 5.4.   | Obciążalność prądowa długotrwała przewodów i kabli elektroenergetycznych                                  | 154 |
| 5.5.   | Zasady doboru przewodów i kabli elektroenergetycznych                                                     | 163 |
| 5.5.1. | Wiadomości ogólne                                                                                         | 163 |
| 5.5.2. | Wyznaczanie przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą                            | 164 |
| 5.5.3. | Wyznaczanie przekroju przewodów obciążonych prądem odkształconym o dużej zawartości trzeciej harmonicznej | 166 |
| 5.5.4. | Wyznaczanie przekroju przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia                                | 168 |
| 5.5.5. | Wyznaczanie przekroju żył przewodów ochronnych, uziemiających i wyrównawczych                             | 171 |
| 5.6.   | Zabezpieczenia przewodów i kabli elektroenergetycznych                                                    | 173 |
| 5.6.1. | Wprowadzenie                                                                                              | 173 |
| 5.6.2. | Zabezpieczenia przed skutkami przeciążeń                                                                  | 175 |
| 5.6.3. | Zabezpieczenia przed skutkami zwarć                                                                       | 179 |
| 5.6.4. | Zabezpieczenia linii połączonych równolegle                                                               | 183 |

## 6. Odbiorniki elektryczne 185

|      |                            |     |
|------|----------------------------|-----|
| 6.1. | Wyjaśnienia ogólne         | 185 |
| 6.2. | Elektryczne źródła światła | 185 |

|           |                                                                                |            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.2.1.    | Klasyfikacja źródeł światła                                                    | 185        |
| 6.2.2.    | Żarówki                                                                        | 186        |
| 6.2.3.    | Lampy fluorescencyjne                                                          | 187        |
| 6.2.4.    | Lampy rtęciowe wysokoprężne                                                    | 190        |
| 6.2.5.    | Lampy sodowe wysokoprężne                                                      | 191        |
| 6.2.6.    | Lampy sodowe niskoprężne                                                       | 192        |
| 6.2.7.    | Lampy typu LED                                                                 | 193        |
| 6.3.      | Silniki elektryczne                                                            | 193        |
| 6.4.      | Urządzenia elektrotermiczne                                                    | 196        |
| 6.4.1.    | Wiadomości ogólne                                                              | 196        |
| 6.4.2.    | Urządzenia elektrotermiczne nieprzemysłowe                                     | 197        |
| 6.4.3.    | Urządzenia elektrotermiczne przemysłowe                                        | 202        |
| <b>7.</b> | <b>Zabezpieczenia i sterowanie odbiorników elektrycznych</b>                   | <b>211</b> |
| 7.1.      | Wiadomości ogólne                                                              | 211        |
| 7.2.      | Zasady doboru zabezpieczeń odbiorników                                         | 214        |
| 7.3.      | Warunki selektywnego działania zabezpieczeń przetężeniowych                    | 222        |
| 7.4.      | Sterowanie odbiorników                                                         | 230        |
| <b>8.</b> | <b>Zasilanie odbiorców komunalnych i przemysłowych</b>                         | <b>245</b> |
| 8.1.      | Układy zasilania                                                               | 245        |
| 8.2.      | Prefabrykowane stacje elektroenergetyczne średniego napięcia                   | 249        |
| 8.3.      | Rozdzielnice                                                                   | 254        |
| 8.3.1.    | Klasyfikacja                                                                   | 254        |
| 8.3.2.    | Rozdzielnice średniego napięcia                                                | 255        |
| 8.3.3.    | Rozdzielnice niskiego napięcia                                                 | 264        |
| 8.4.      | Ograniczanie poboru mocy biernej                                               | 276        |
| <b>9.</b> | <b>Zagrożenie porażeniem prądem elektrycznym i ochrona przeciwporażeniowa</b>  | <b>282</b> |
| 9.1.      | Wiadomości ogólne                                                              | 282        |
| 9.2.      | Graniczne dopuszczalne prądy i napięcia rażeniowe                              | 286        |
| 9.3.      | Ochrona przed dotykiem bezpośrednim                                            | 289        |
| 9.4.      | Ochrona przy dotyku pośrednim                                                  | 291        |
| 9.4.1.    | Ochrona przez zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania                   | 291        |
| 9.4.2.    | Ochrona przez zastosowanie urządzeń II klasy ochronności                       | 304        |
| 9.4.3.    | Ochrona przez zastosowanie izolowania stanowiska                               | 304        |
| 9.4.4.    | Ochrona przez zastosowanie nieuziemiających połączeń wyrównawczych miejscowych | 305        |
| 9.4.5.    | Ochrona przez zastosowanie separacji elektrycznej                              | 306        |
| 9.5.      | Ochrona przed dotykiem bezpośrednim i przy dotyku pośrednim                    | 308        |
| 9.5.1.    | Wprowadzenie                                                                   | 308        |
| 9.5.2.    | Ochrona przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia SELV                       | 308        |
| 9.5.3.    | Ochrona przez zastosowanie bardzo niskiego napięcia PELV                       | 310        |
| 9.5.4.    | Zastosowanie bardzo niskiego napięcia funkcjonalnego FELV                      | 310        |
| 9.6.      | Ochrona przeciwporażeniowa według norm PN-EN 61140 oraz PN-HD 60364-4-41       | 312        |



|        |                                                                                                            |     |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.7.   | Badanie skuteczności działania urządzeń ochrony przeciwporażeniowej przy dotyku pośrednim                  | 318 |
| 9.7.1. | Wymagania ogólne                                                                                           | 318 |
| 9.7.2. | Zakresy i metody badania                                                                                   | 321 |
| 9.7.3. | Pomiary impedancji pętli zwarciovych                                                                       | 326 |
| 9.7.4. | Badania urządzeń (wyłączników) różnicowoprądowych                                                          | 329 |
| 9.7.5. | Badania wyłączników ochronnych napięciowych                                                                | 333 |
| 9.7.6. | Badania połączeń wyrównawczych                                                                             | 335 |
| 9.7.7. | Metody badania i ocena stanu technicznego odbiorników elektrycznych po naprawach w gospodarstwach domowych | 336 |
| 9.7.8. | Przyrządy do badania stanu technicznego instalacji elektrycznych                                           | 338 |
| 9.7.9. | Dokumentowanie wykonanych badań                                                                            | 340 |

## 10. Niektóre inne zagrożenia pochodzące od urządzeń elektrycznych i sposoby ochrony 342

|         |                                                                                                                    |     |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 10.1.   | Zagrożenia cieplne                                                                                                 | 342 |
| 10.1.1. | Wiadomości ogólne                                                                                                  | 342 |
| 10.1.2. | Zagrożenia pożarowe i działania ograniczające                                                                      | 343 |
| 10.1.3. | Ochrona przed oparzeniami                                                                                          | 350 |
| 10.1.4. | Ochrona przed przegrzaniem w urządzeniach do wymuszonego ogrzewania powietrzem i wytwarzania gorącej wody lub pary | 350 |
| 10.2.   | Przebiegięcia i ochrona przeciwprzebiegiowa                                                                        | 351 |
| 10.2.1. | Wiadomości ogólne                                                                                                  | 351 |
| 10.2.2. | Środki i sposoby ochrony przed skutkami przebieg                                                                   | 353 |

## 11. Instalacje elektryczne w obiektach specjalnego przeznaczenia 367

|       |                                                       |     |
|-------|-------------------------------------------------------|-----|
| 11.1. | Wiadomości ogólne                                     | 367 |
| 11.2. | Gospodarstwa rolne i ogrodnicze                       | 367 |
| 11.3. | Place budowy i robót rozbiórkowych                    | 370 |
| 11.4. | Pomieszczenia o przewodzących ścianach i podłożu      | 373 |
| 11.5. | Kempingi i pojazdy wypoczynkowe                       | 374 |
| 11.6. | Pomieszczenia wyposażone w wannę lub basen natryskowy | 376 |

## 12. Stan techniczny instalacji elektrycznych w budynkach o przeznaczeniu nieprzemysłowym 380

|       |                                                                  |     |
|-------|------------------------------------------------------------------|-----|
| 12.1. | Wiadomości ogólne                                                | 380 |
| 12.2. | Aktualny stan techniczny instalacji elektrycznych                | 381 |
| 12.3. | Niektóre podstawowe wymagania dotyczące instalacji elektrycznych | 385 |
| 12.4. | Pożądane zakresy przebudowy instalacji elektrycznych             | 387 |

## 13. Nowoczesne instalacje elektryczne 395

|       |                                                            |     |
|-------|------------------------------------------------------------|-----|
| 13.1. | Wiadomości ogólne                                          | 395 |
| 13.2. | Instalacje wykonane w systemie SI                          | 397 |
| 13.3. | Europejska magistrala instalacyjna – Instabus EIB –KNX/EIB | 405 |

|            |                                                                                        |            |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 13.3.1.    | Ogólna charakterystyka systemu .....                                                   | 405        |
| 13.3.2.    | Przykłady wykonania instalacji w systemie Instabus EIB .....                           | 412        |
| 13.4.      | Sieci kontrolno-sterujące o inteligencji rozproszonej Lon Works .....                  | 421        |
| 13.5.      | Local Control Network – LCN .....                                                      | 423        |
| <b>14.</b> | <b>Wybrane zagadnienia projektowania i wykonywania instalacji elektrycznych</b>        | <b>429</b> |
| 14.1.      | Wymagania ogólne .....                                                                 | 429        |
| 14.2.      | Instalacje elektryczne w pomieszczeniach mieszkalnych .....                            | 431        |
| 14.3.      | Instalacje elektryczne w pomieszczeniach przemysłowych .....                           | 444        |
| 14.4.      | Instalacje elektryczne w obiektach budownictwa ogólnego .....                          | 451        |
| 14.4.1.    | Wyjaśnienia i wymagania ogólne .....                                                   | 451        |
| 14.4.2.    | Urządzenia i układy zasilania .....                                                    | 454        |
| 14.4.3.    | Instalacje i obwody elektryczne odbiorcze .....                                        | 458        |
| 14.5.      | Projektowanie instalacji elektrycznych wspomagane komputerowo .....                    | 460        |
| 14.5.1.    | Wiadomości ogólne .....                                                                | 460        |
| 14.5.2.    | Właściwości techniczne i zastosowanie niektórych programów CAD/CAE .....               | 462        |
| 14.5.3.    | Projektowanie oświetlenia elektrycznego z wykorzystaniem programów komputerowych ..... | 472        |
|            | <b>Literatura</b>                                                                      | <b>474</b> |
|            | <b>Skorowidz</b>                                                                       | <b>481</b> |





## Przedmowa do wydania dziewiątego



Instalacje elektryczne powinny pozostawać w takim stanie technicznym, aby użytkownicy mogli korzystać bez ograniczeń ze wszystkich posiadanych przez siebie elektrycznych urządzeń gospodarstwa domowego, sprzętu radiowo-telewizyjnego, teletechnicznego i innego w sposób niezawodny, nieuciążliwy i bezpieczny. Jakość energii elektrycznej dostarczanej instalacjami do odbiorników, określona głównie wartością skuteczną napięcia, jej zmiennością w czasie i odchyleniami od wartości znamionowej, symetrią napięć w układzie trójfazowym oraz zawartością wyższych harmonicznych w napięciu zasilającym, powinna być odpowiednio wysoka, aby zapewnić poprawną i długotrwałą pracę wszystkich urządzeń elektrycznych.

Te w zasadzie podstawowe wymagania są spełnione w Polsce praktycznie jedynie w budynkach oddanych do użytku po 1995 r. oraz w tych budynkach, w których instalacje elektryczne zostały w ostatnim okresie poprawnie zmodernizowane. W większości pozostałych mieszkań stan techniczny instalacji jest przeważnie niezadowalający. W budynkach z lat 1960–1990 instalacje elektryczne wykonywano w sposób bardzo oszczędny, z zastosowaniem m.in. przewodów z żyłami aluminiowymi o zbyt małych, w stosunku do aktualnych potrzeb przekrojach, jak i najprostszych urządzeń zabezpieczających w postaci bezpieczników i przez to nie spełniają one warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać współczesne instalacje elektryczne. Instalacje takie stwarzają obecnie wiele ograniczeń w zainstalowaniu odbiorników o większych mocach znamionowych, np. kuchni elektrycznych czy elektrycznych podgrzewaczy wody, oraz uniemożliwiają jednoczesne korzystanie z kilku odbiorników, nawet o niewielkich mocach znamionowych. Utrudniają także prostą modernizację mieszkania, polegającą np. na wymianie wyeksploatowanych już urządzeń gazowych na bardziej estetyczne i bezpieczne urządzenia elektryczne.

Instalacje takie, poza uciążliwością w użytkowaniu urządzeń elektrycznych, są przede wszystkim niebezpieczne pod względem porażeniowym i pożarowym, **11**

m.in. wskutek zastosowania urządzeń zabezpieczających o niewielkiej skuteczności działania jak na współczesne możliwości techniczne.

Książka ta to kolejne, już dziewiąte, zaktualizowane wydanie „Instalacji elektrycznych”. Autor i Wydawnictwa Naukowo-Techniczne mają nadzieję, że zostanie ona przyjęta przez Czytelników równie przychylnie, jak jej wcześniejsze wydania.

Wrocław, maj 2018 r.

HENRYK MARKIEWICZ