

Brunon Lejdy
Marcin Sulkowski

INSTALACJE ELEKTRYCZNE

w obiektach budowlanych

wydanie 5 zmienione



Wydawnictwo WNT



INSTALACJE ELEKTRYCZNE

w obiektach budowlanych

Brunon Lejdy
Marcin Sulkowski

INSTALACJE ELEKTRYCZNE

w obiektach budowlanych

wydanie 5 zmienione

Projekt okładki i stron tytułowych: **Grafos**

Fotografia na okładce: **citadelle/123RF**

Wydawca: **Adam Filutowski**

Koordynator ds. redakcji: **Adam Kowalski**

Redaktor: **Agnieszka Jaworska**

Produkcja: **Mariola Grzywacka**

Skład i łamanie: **AnnGraf Anna Szeląg**

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

Polska Izba Książki

Copyright © by Wydawnictwo WNT

Warszawa 2009, 2013

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA

Warszawa 2016, 2019

ISBN 978-83-01-20685-7

Wydanie V zmienione – I wydanie WN PWN

Warszawa 2019

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; reklama@pwn.com.pl

www.pwn.pl

Druk i oprawa: OSDW Azymut Sp. z o.o.

SPIS TREŚCI

Przedmowa do wydania piątego	11
1. Wyjaśnienie ogólne	13
2. Charakterystyka normy PN-IEC 60364 (IEC 60364)	15
2.1. Układ normy PN-HD 60364 Instalacje elektryczne niskiego napięcia	15
2.2. HD Publication 60364: Low-voltage Electrical Installations	17
2.3. Sposób numerowania przyjęty w HD 60364	18
2.4. Opis poszczególnych części normy	18
2.5. Działalność normalizacyjna	21
3. Definicje pojęć z zakresu instalacji elektrycznych	23
4. Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia	32
4.1. Podział podstawowy	32
4.2. Układy sieci	35
4.3. Sieci TN, TT oraz IT w układach prądu stałego	41
4.4. Cechy źródła zasilania sieci i podział instalacji	45
5. Zakresy napięciowe instalacji elektrycznych	47
6. Oznaczenia przewodów elektrycznych barwami	51
7. Klasyfikacja urządzeń elektrycznych i elektronicznych w zakresie ochrony przeciwporażeniowej	56
8. Klasyfikacja i kodyfikacja wpływów zewnętrznych	59

9. Ochrona urządzeń przed szkodliwym oddziaływaniem środowiska	63
10. Dobór urządzeń elektrycznych	70
11. Człowiek w obwodzie prądu elektrycznego	73
11.1. Działanie prądu elektrycznego na organizmy żywe	73
11.2. Obliczanie obwodów obciążonych prądem rażeniowym	78
12. Ochrona przeciwporażeniowa	82
12.1. Postanowienia ogólne	82
12.2. Równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim	85
12.2.1. Ochrona polegająca na zastosowaniu bardzo niskiego napięcia SELV i PELV	85
12.2.2. Bardzo niskie napięcie funkcjonalne FELV	88
12.3. Ochrona podstawowa	89
12.3.1. Ochrona polegająca na izolowaniu części czynnych	90
12.3.2. Ochrona przy użyciu ogrodzeń lub obudów	90
12.3.3. Ochrona przy użyciu barier	91
12.3.4. Ochrona polegająca na umieszczeniu części czynnych poza zasięgiem ręki	92
12.3.5. Ochrona uzupełniająca za pomocą wyłączników różnicowoprądowych	92
12.3.6. Wybór środków ochrony podstawowej	94
12.4. Ochrona przy uszkodzeniu	97
12.4.1. Wyjaśnienia ogólne	97
12.4.2. Ochrona za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania	99
12.4.2.1. Wymagania ogólne	99
12.4.2.2. Wyłączenie zasilania	100
12.4.2.3. Uziemienie	100
12.4.2.4. Połączenia wyrównawcze	101
12.4.2.5. Połączenia wyrównawcze dodatkowe	102
12.4.2.6. Samoczynne wyłączenie zasilania w sieci TN	105
12.4.2.7. Zwarcie przewodu fazowego sieci TN z ziemią	113
12.4.2.8. Samoczynne wyłączenie zasilania w sieci TT	117
12.4.2.9. Samoczynne wyłączenie zasilania w sieci IT	121
12.5. Urządzenia ochronne różnicowoprądowe w sieciach TN, TT i IT	125
12.5.1. Budowa urządzenia różnicowoprądowego	125
12.5.2. Typy wyłączników różnicowoprądowych	126
12.5.3. Parametry wyłączników różnicowoprądowych	129
12.5.4. Wyłącznik różnicowoprądowy w sieci TN-C	130
12.5.5. Wyłącznik różnicowoprądowy w sieci TN-C jako środek uzupełniającej ochrony przeciwporażeniowej	132

12.5.6. Modernizacja instalacji TN-C	133
12.5.7. Wyłącznik różnicowoprądowy w sieciach TN-S i TN-C-S	135
12.5.8. Wyłącznik różnicowoprądowy w sieci TT	137
12.5.9. Wyłącznik różnicowoprądowy w sieci IT	138
12.6. Ochrona polegająca na zastosowaniu urządzenia II klasy ochronności lub o izolacji równoważnej	140
12.7. Ochrona polegająca na zastosowaniu izolowania stanowiska	142
12.8. Ochrona za pomocą nieuziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych	144
12.9. Ochrona za pomocą separacji elektrycznej	145
12.10. Wybór środków ochrony przy uszkodzeniu	148
 13. Ochrona przed skutkami oddziaływania cieplnego urządzeń elektrycznych	 151
 14. Zabezpieczenie przewodów przed skutkami prądu przetężeniowego	 154
14.1. Wyjaśnienia ogólne	154
14.2. Zabezpieczenie przed skutkami prądu przeciążeniowego	155
14.3. Zabezpieczenie przed skutkami prądu zwarciovego	161
14.4. Zabezpieczenie od skutków zwarć przewodów połączonych równolegle ..	168
14.5. Zabezpieczenie przewodów fazowych	171
14.6. Zabezpieczenie przewodu neutralnego	171
14.7. Koordynacja ochrony przed przeciążeniem i zwarciem	173
 15. Ochrona instalacji niskiego napięcia przed skutkami doziemień w sieciach wysokiego napięcia	 174
15.1. Obwód prądu ziemnozwarciowego	174
15.2. Uziemienia w stacjach transformatorowych	176
15.3. Układy uziemiające wysokiego i niskiego napięcia	178
15.3.1. Sieci TN	178
15.3.2. Sieć TT	180
15.3.3. Sieć IT	181
 16. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi	 186
16.1. Źródła przepięć w instalacji elektrycznej	186
16.2. Klasyfikacja kategorii przepięć	188
16.3. Ograniczanie przepięć	190

17. Ochrona przed zakłóceniami elektromagnetycznymi w instalacjach elektrycznych	196
17.1. Środki zapobiegawcze	196
17.2. Uziemienia i połączenia wyrównawcze instalacji informatycznych	201
17.3. Uzyskanie kompatybilności elektromagnetycznej	204
18. Dobór i montaż oprzewodowania	207
18.1. Przewody i kable elektroenergetyczne	207
18.2. Rodzaje oprzewodowania	210
18.3. Przykłady oprzewodowania	212
18.4. Obciążalność prądowa długotrwała przewodów izolowanych i kabli	214
18.5. Spadek napięcia w instalacjach odbiorczych	228
18.6. Połączenia elektryczne	231
19. Dobór i montaż aparatury łączeniowej i sterowniczej	232
19.1. Wymagania ogólne	232
19.2. Zabezpieczenie przeciążeniowe i zwarciovowe	233
19.3. Wyłączniki nadprądowe do instalacji	240
19.4. Bezpieczniki niskiego napięcia	243
19.5. Urządzenia ochronne różnicowoprądowe	248
20. Układy uziemiające	255
20.1. Zasady podstawowe	255
20.2. Rezystywność gruntu i betonu	259
20.3. Statyczna rezystancja uziemienia	264
20.4. Udarowa rezystancja uziemienia	271
20.5. Budowa uziomów	274
20.6. Trwałość uziomów	292
21. Przewody ochrony przeciwporażeniowej	296
21.1. Przewody ochronne PE	296
21.2. Przewody ochronno-neutralne PEN	301
21.3. Przewody połączeń wyrównawczych FB	303
22. Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji	304
22.1. Pomieszczenia wyposażone w wannę lub basen natryskowy	304
22.2. Baseny pływakie, baseny fontann i brodzików	309
22.3. Pomieszczenia wyposażone w elektryczne ogrzewacze do sauny	313

22.4. Instalacje na terenie budowy i rozbiórki obiektów budowlanych	315
22.5. Instalacje w zabudowaniach rolniczych i ogrodniczych	320
22.6. Instalacje w przestrzeniach ograniczonych powierzchniami przewodzącymi	323
22.7. Instalacje kempingów i pojazdów wypożyczonych	325
22.8. Instalacje basenów jachtowych i statków wycieczkowych	328
22.9. Instalacje tymczasowe wystaw, scen i stoisk	332
22.10. Instalacje elektryczne w meblach	334
22.11. Instalacje oświetlenia zewnętrznego	335
22.12. Instalacje w pomieszczeniach medycznych	337
22.13. Instalacje oświetleniowe o bardzo niskim napięciu	342
22.14. Instalacje w zespołach ruchomych lub przewoźnych	345
22.15. Instalacje elektryczne obiektów na terenie targów, wesołych miasteczek i cyrków	351
22.16. Instalacje zasilające stacje ładowania pojazdów elektrycznych	353
23. Sprawdzanie odbiorcze	358
23.1. Wyjaśnienia ogólne	358
23.2. Oględziny	359
23.3. Wymagania metrologiczne dotyczące przyrządów pomiarowych	360
23.4. Dokładność, częstość i zakres wykonywania badań	361
23.5. Pomiary	362
23.5.1. Zakres pomiarów realizowanych w instalacjach elektrycznych	362
23.5.2. Pomiar ciągłości przewodów ochronnych	362
23.5.3. Pomiar rezystancji izolacji instalacji elektrycznej	363
23.5.4. Sprawdzenie ochrony za pomocą separacji obwodów	364
23.5.5. Pomiar rezystancji podłóg i ścian	365
23.5.6. Sprawdzenie samoczynnego wyłączenia zasilania	367
24. Efektywność energetyczna instalacji elektrycznych	374
24.1. Wprowadzenie	374
24.2. Podstawowe definicje	375
24.3. Efektywność energetyczna instalacji elektrycznych w świetle obowiązujących norm	376
24.3.1. Norma PN-EN ISO 50001:2012	376
24.3.2. Norma PN-EN 16247 Audyty energetyczne (norma wieloarkuszowa)	378
24.3.3. Norma PN-HD 60364-8-1	380
24.3.3.1. Podział obiektów budowlanych	380
24.3.3.2. Obszary oceny efektywności energetycznej użytkowania energii elektrycznej	381
24.3.3.3. Zarządzanie energią elektryczną w obiektach	385
24.3.3.4. Układy pomiarowe oraz monitorowania parametrów pracy w instalacjach elektrycznych	387

24.4. Efektywności użytkowania energii elektrycznej w obiektach budowlanych	390
24.4.1. Transformatory	390
24.4.2. Silniki	396
24.4.3. Oświetlenie	403
 25. Obliczanie prądów zwarciovych w instalacjach elektrycznych	 408
25.1. Podstawowe definicje i pojęcia dotyczące zwarć	408
25.2. Przykład obliczenia prądów zwarciovych	412
 Literatura	 415
Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna	426
Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki	430
Akronimy (<i>Acronyms</i>)	432
Witryny sieci www	440
Słownik angielsko-polski	441
Słownik polsko-angielski	470
Skorowidz	498

PRZEDMOWA DO WYDANIA PIĄTEGO

*Inwestuj w siebie – zawsze,
bo każdy dzień jest tylko jeden.
Drobinki czasu stopniowo
pokrywają płaszczyznę życia.*

Instalacje elektryczne, inaczej zwane instalacjami elektrycznymi niskiego napięcia, stanowią końcowy odcinek całego ciągu różnego rodzaju elementów systemu elektroenergetycznego służącego do dostawy energii elektrycznej. Instalacje te mają jedną charakterystyczną cechę, której nie mają inne elementy systemu elektroenergetycznego: muszą spełniać specjalne wymagania, gdyż są użytkowane na ogół przez osoby niemające żadnych kwalifikacji w zakresie eksploatacji urządzeń elektrycznych. Tych kwalifikacji nie muszą mieć. To właśnie elektrycy muszą tak przygotować instalację elektryczną, aby była ona łatwa w wykorzystaniu i bezpieczna. Jest w tym zakresie dużo do zrobienia, gdyż w wielu obiektach budowlanych są eksploatowane instalacje, których stan zdecydowanie odbiega od wymagań zawartych w aktach prawnych stosowanych dawniej i obecnie.

Poznanie zagadnień z dziedziny instalacji elektrycznych niezbędnych w niezliczonych i różnorodnych obiektach budowlanych jest koniecznym i bardzo ważnym etapem poprzedzającym projektowanie, a następnie budowę i eksploatację instalacji. Każdy z tych procesów wymaga podjęcia wielu decyzji w zakresie bezpieczeństwa przy eksploatacji instalacji elektrycznych, ich funkcjonalności i ekonomiczności.

Istotna jest również ciągłość dostawy energii elektrycznej i bezpieczeństwo użytkowania odbiorników zasilanych z tej instalacji.

Naszym zamierzeniem było napisanie książki, która ułatwiłaby poszerzenie bogatej i rozległej wiedzy o instalacjach elektrycznych niskiego napięcia i wymaganiach, jakie one muszą spełniać. Kierujemy ją do techników i inżynierów elektryków specjalizujących się w zagadnieniach z dziedziny elektroenergetyki.

Aby była ona zgodna z najnowszymi rozwiązaniami z dziedziny instalacji elektrycznych, korzystaliśmy w szerokim zakresie z opracowań Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej, Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego Elektrotechniki oraz Polskiego Komitetu Normalizacyjnego. Opracowania te są podstawą procesu normalizacji, którego celem jest uporządkowanie określonych działań w technice.

Naszym miłym obowiązkiem jest podziękować za trud i życzliwość recenzentom: prof. dr. hab. inż. Bogdanowi Miedzińskiemu i dr. hab. inż. Mirosławowi Parolowi. Swoimi licznymi, cennymi uwagami i propozycjami przyczynili się do znacznego ulepszenia treści pierwszego wydania książki, wykorzystanymi również w jej kolejnych wydaniach.

Za pomoc techniczną w czasie pracy nad tekstem dziękujemy: mgr Magdalenie Rogowskiej i Annie Parafjan oraz dr. inż. Piotrowi Kardaszowi i inż. Andrzejowi Kulaszewiczowi.

Brunon Lejdy
Marcin Sulkowski

Białystok, marzec 2019 r.

1

WYJAŚNIENIE OGÓLNE

Bezpieczeństwo użytkowania energii elektrycznej wymaga, aby instalacje elektryczne i odbiorniki energii elektrycznej były w sposób właściwy zbudowane i eksploatowane.

Słowa „w sposób właściwy” należy rozumieć również jako przestrzeganie obowiązujących w tym zakresie aktów prawnych.

Najobszerniejszym aktem prawnym dotyczącym instalacji elektrycznych jest norma PN-IEC 60364 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych”. Ściśle przestrzeganie treści zawartej w tej normie pozwala użytkownikom korzystać w sposób bezpieczny, w szerokim zakresie, z „elektrycznej części wyposażenia obiektu budowlanego”.

Przyjęty układ książki pomoże Czytelnikowi w lepszym zrozumieniu polskich i zagranicznych norm z zakresu instalacji elektrycznych. W tym celu niektóre określenia są podane również w języku angielskim, a na końcu książki jest zamieszczony słownik angielsko-polski i polsko-angielski obejmujący terminy związane z instalacjami elektrycznymi.

Przedmiotowa norma PN-IEC 60364 jest normą wieloarkusową i jest wynikiem prac prowadzonych w Polskim Komitecie Normalizacyjnym, który blisko 40 lat współpracuje z Międzynarodową Komisją Elektrotechniczną (ang. International Electrotechnical Commission – IEC), w tym z jej 64. Komitetem Technicznym – Instalacje elektryczne i ochrona przeciwporażeniowa, który przygotowuje normy IEC 60364. Współpraca taka jest uzasadniona; zgodność bowiem polskich norm technicznych z normami międzynarodowymi jest konieczna i była jednym z warunków wejścia Polski do Unii Europejskiej. Norma PN-IEC 60364 określa wymagania w zakresie instalacji elektrycznych, zgodnie z ustaleniami IEC oraz CENELEC – Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego Elektrotechniki, który przygotowuje odpowiednie dokumenty harmonizacyjne (HD). Krótka charakterystyka tych organizacji jest również zawarta w niniejszej książce.

W pierwszej części (rozdz. 2 ÷ 3) scharakteryzowano normę PN-IEC 60364 oraz dla jasności sprawy jej odpowiednik w języku angielskim, IEC 60364. Podano również definicje pojęć dotyczących instalacji elektrycznych.

W dalszej części, obejmującej rozdz. 4 ÷ 11, omówiono sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia i podano ogólne wymagania dotyczące urządzeń elektrycznych niskiego napięcia.

W obszernym rozdz. 12 przedstawiono zagadnienia dotyczące ochrony przeciwporażeniowej w urządzeniach o napięciu do 1 kV prądu przemiennego. Kolejne rozdziały (13 ÷ 17) dotyczą ochrony urządzeń elektrycznych przed skutkami zakłóceń, jakie mogą wystąpić w instalacjach elektrycznych. Rozdziały 18 ÷ 21 poświęcono doborowi i montażowi przewodowania i aparatury, układów uziemiających i przewodów ochrony przeciwporażeniowej, a rozdz. 22 specyfice instalacji pracujących w warunkach szczególnego zagrożenia (instalacje specjalne).

W rozdziale 23, merytorycznie związanym z wymaganiami PN-IEC 60364, omówiono zasady dokonywania oględzin i prowadzenia pomiarów w instalacjach elektrycznych, zarówno przed oddaniem ich do eksploatacji, jak i w czasie eksploatacji.

Rozdział 24 książki jest poświęcony nader aktualnemu zagadnieniu, jakim jest efektywność energetyczna w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia. Przedstawiono w nim prawną stronę zagadnienia oraz sposoby ograniczenia zużycia energii w wybranych obszarach użytkowania energii elektrycznej w obiektach budowlanych.

Ostatni rozdział jest poświęcony metodologii wyznaczania wartości prądów zwarciovych w instalacjach elektrycznych, a przedstawiona w pierwszej części rozdziału metodologia jest podparta przykładem obliczeniowym.

Książka jest wprowadzeniem w szeroki zakres zagadnień dotyczących urządzeń elektrycznych niskiego napięcia, uwzględnionych w różnych normach polskich i zagranicznych, funkcjonujących w europejskim (i nie tylko) obszarze przemysłu i handlu w dziedzinie elektrotechniki. Przedstawienie jej treści w formie komentarza do przedmiotowej normy ułatwi uporanie się z problemami, jakie mogą wystąpić przy bezpośrednim korzystaniu z aktów prawnych.

Książka stanowi bardzo dobrą podstawę w zakresie niezbędnych wiadomości dla inżynierów i techników zajmujących się projektowaniem, budową i eksploatacją instalacji elektrycznych.

Uwaga: Czy można stosować stare, wycofane Polskie Normy? W normalizacji, u której podstaw leży dobrowolne stosowanie normy, faktu dezaktualizacji normy nie należy wiązać z prawnym zakazem stosowania normy wycofanej [...]. Zbiór norm nie jest bowiem zbiorem norm, których stosowanie jest zakazane [...]. Normy wycofane tym różnią się od norm aktualnych, że prezentują mniej nowoczesne rozwiązania – z punktu widzenia postępu naukowo-technicznego – jednak rozwiązania te nie są błędne. (U. Teper, Normalizacja 6/2001, Warszawa).

Zamieszczone na stronie internetowej
Polskiego Komitetu Normalizacyjnego
www.pkn.pl (10.04.2005)