

Spis treści

Przedmowa do wydania czwartego _____ XIX

1. Przewody i kable elektroenergetyczne _____ 1

mgr inż. Marian Germata, mgr inż. Jan Grobicki

1.1.	Wiadomości podstawowe _____	2
1.1.1.	Wprowadzenie – 2	
1.1.2.	Normalizacja kabli i przewodów – 2	
1.1.3.	Materiały żył przewodzących – 4	
1.1.4.	Ekologia wyrobów kablowych – 5	
1.1.5.	Określenia – 8	
1.1.6.	Zasady oznaczania kabli i przewodów – 11	
1.2.	Przewody elektroenergetyczne do linii napowietrznych _____	14
1.2.1.	Przewody nieizolowane – 14	
1.2.2.	Przewody izolowane napowietrzne – 17	
1.2.3.	Przewody w ostonie napowietrzne – 18	
1.3.	Przewody nawojowe _____	18
1.4.	Przewody elektroenergetyczne izolowane _____	21
1.4.1.	Przewody izolowane do układania na stałe – 21	
1.4.2.	Przewody izolowane do odbiorników ruchomych i przenośnych – 23	
1.4.3.	Przewody do zastosowań specjalnych – 29	
1.4.4.	Przewody zharmonizowane – 40	
1.5.	Przewody i kable ekranowane _____	42
1.6.	Kable elektroenergetyczne _____	43
1.6.1.	Wstęp – 43	
1.6.2.	Klasyfikacja kabli – 43	
1.6.3.	Kable elektroenergetyczne niskiego napięcia – 47	

1.6.4.	Kable elektroenergetyczne średniego napięcia (3,6/6 kV do 18/30 kV) – 48	
1.7.	Kable sygnalizacyjne	52
1.8.	Kable elektroenergetyczne do zastosowań specjalnych	52
1.9.	Dobór przewodów i kabli	59
1.9.1.	Informacje ogólne	59
1.9.2.	Obciążalność długotrwała kabli	62
1.9.3.	Obciążalność cykliczna i zakłócenioowa	66
1.9.4.	Obciążalność zwarciowa przewodów i kabli	68
Literatura		71

2. Wytwarzanie energii elektrycznej 73

prof. dr hab. inż. Roman Janiczek, prof. dr hab. inż. Jacek Marecki

2.1.	Wiadomości ogólne o elektrowniach	74
2.1.1.	Klasyfikacja generatorów energii elektrycznej, elektrowni i elektrociepłowni	74
2.1.2.	Wielkości charakteryzujące elektrownie	78
2.1.3.	Charakterystyka ogólna poszczególnych rodzajów elektrowni	82
2.1.4.	Czynniki kształtujące rozwój elektrowni	88
2.1.5.	Warunki przyłączania elektrowni do sieci elektrycznej	93
2.2.	Klasyczne elektrownie kondensacyjne	93
2.2.1.	Sprawność układów cieplnych	93
2.2.2.	Charakterystyka wyposażenia i kompozycja elektrowni klasycznych	97
2.2.3.	Kotły parowe	97
2.2.4.	Turbiny parowe	110
2.2.5.	Turbogeneratory	116
2.2.6.	Urządzenia potrzeb własnych	120
2.2.7.	Napędy elektryczne urządzeń potrzeb własnych	126
2.2.8.	Układy elektryczne elektrowni klasycznych	131
2.3.	Elektrociepłownie	141
2.3.1.	Podstawy gospodarki skojarzonej ciepło-elektrycznej	141
2.3.2.	Obciążenie cieplne i wyposażenie elektrociepłowni parowych	149
2.3.3.	Układy skojarzone gazowo-parowe w elektrociepłowniach	153
2.3.4.	Małe układy skojarzone zasilane gazem ziemnym	155
2.4.	Elektrownie jądrowe	156
2.4.1.	Zasady działania elektrowni jądrowych	156
2.4.2.	Układy i urządzenia w elektrowniach jądrowych	160
2.4.3.	Podstawy ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa jądrowego	164
2.4.4.	Stan rozwoju elektrowni jądrowych na świecie	167
2.5.	Elektrownie wodne	168
2.5.1.	Zasoby energii wodnej i ich wykorzystanie	168
2.5.2.	Zasady działania i wyposażenie elektrowni wodnych	169
2.5.3.	Praca elektrowni wodnych w systemie elektroenergetycznym	174

2.6. Elektrownie wiatrowe	176
2.6.1. Zasady pracy i cechy elektrowni wiatrowych	176
2.6.2. Konstrukcja wiatrowych jednostek wytwórczych	178
2.6.3. Regulacja jednostek wiatrowych	181
2.6.4. Połączenie elektrowni wiatrowych z siecią	182
2.6.5. Warunki rozwoju elektrowni wiatrowych w kraju	183
2.6.6. Mechanizmy promujące energetykę wiatrową	185
Wykaz ważniejszych oznaczeń	186
Literatura	187

3. Sieci elektroenergetyczne 189

prof. dr hab. inż. Szczesny Kujszczyk, mgr inż. Lech Bożentowicz

3.1. Wiadomości podstawowe	190
3.1.1. Pojęcia i definicje	190
3.1.2. Wymagania stawiane sieciom	191
3.1.3. Prądy i napięcia w sieciach	191
3.1.4. Elementy sieci	192
3.2. Odbiory sieciowe	195
3.2.1. Rodzaje odbiorców – rys historyczny	195
3.2.2. Rodzaje odbiorców – nowe pojęcia	196
3.3. Klasyfikacja sieci	197
3.4. Struktura i konfiguracja sieci	197
3.4.1. Pojęcia podstawowe	197
3.4.2. Struktury otwarte i zamknięte	198
3.4.3. Konfiguracja sieci	200
3.5. Linie napowietrzne	200
3.5.1. Pojęcia ogólne i definicje	200
3.5.2. Przewody	201
3.5.3. Izolatory	202
3.5.4. Zawieszenie i łączenie przewodów	207
3.5.5. Słupy	208
3.5.6. Obliczenia mechaniczne przewodów linii napowietrznych	215
3.6. Linie kablowe	217
3.6.1. Pojęcia ogólne i definicje	217
3.6.2. Rodzaje i budowa kabli	217
3.6.3. Osprzęt kablowy	218
3.6.4. Układanie kabli	221
3.7. Modelowanie numeryczne sieci	221
3.7.1. Bazy danych sieci elektroenergetycznych	221
3.7.2. Zasady oznaczania elementów sieci	224
3.7.3. Odwzorowania struktur i konfiguracji sieci	224
3.8. Wyznaczanie stanów pracy sieci	227
3.8.1. Wprowadzenie	227
3.8.2. Metoda współczynnika jednoczesności	228
3.8.3. Metody probabilistyczne	229
3.8.4. Obliczanie napięć w sieciach promieniowych	231

3.9.	Obliczanie prądów zwarciovych	233
3.9.1.	Rodzaje zwarć – 233	
3.9.2.	Przyczyny powstawania i skutki zwarć – 233	
3.9.3.	Metoda obliczania prądów zwarciovych według normy [3.24] – 234	
3.9.4.	Zwarcia jednofazowe w sieciach średnich napięć – 247	
3.9.5.	Metody ograniczania skutków działania prądów zwarciovych – 248	
3.10.	Regulacja napięcia i mocy biernej	249
3.10.1.	Poziomy napięć w sieciach – 249	
3.10.2.	Źródła i bilans mocy biernej – 251	
3.10.3.	Kompensacja mocy biernej – 252	
3.10.4.	Regulacja napięcia przez zmianę przekładni transformatorów – 252	
3.11.	Sposoby uziemienia punktu neutralnego sieci	253
3.11.1.	Wiadomości ogólne – 253	
3.11.2.	Sieci 110 kV, 220 kV i 400 kV – 253	
3.11.3.	Sieci średniego napięcia – 254	
3.11.4.	Wybór sposobu połączenia z ziemią punktu neutralnego sieci średniego napięcia – 256	
3.11.5.	Sieć niskiego napięcia – 256	
3.12.	Projektowanie sieci	257
3.12.1.	Rodzaje opracowań – 257	
3.12.2.	Projektowanie linii napowietrznych i kablowych – 258	
3.12.3.	Projektowanie przyłączy niskiego napięcia – 259	
3.13.	Ogólne zasady eksploatacji sieci	259
3.13.1.	Organizacja eksploatacji – 259	
3.13.2.	Prowadzenie ruchu – 259	
3.13.3.	Działalność w zakresie utrzymania stanu technicznego sieci – 260	
3.14.	Ochrona środowiska w budownictwie sieciowym	260
3.14.1.	Oddziaływanie sieci elektroenergetycznych na środowisko – 260	
3.14.2.	Ochrona przed działaniem pola elektromagnetycznego – 260	
3.14.3.	Zmniejszanie uciążliwości dla środowiska naturalnego oraz w zagospodarowaniu przestrzennym – 261	
	Wykaz ważniejszych oznaczeń	261
	Literatura	262

4. Stacje elektroenergetyczne 265

prof. dr hab. inż. Władysław Wasiluk, dr inż. Tadeusz Sutkowski

4.1.	Wiadomości ogólne	266
4.1.1.	Elementy składowe i klasyfikacja stacji – 266	
4.1.2.	Lokalizacja i plan generalny stacji – 269	
4.1.3.	Warunki sieciowe – 270	
4.2.	Układy połączeń rozdzielnic i stacji	271
4.2.1.	Uwagi ogólne i wymagania podstawowe – 271	
4.2.2.	Układy połączeń rozdzielnic średnich napięć – 271	

4.2.3.	Układy połączeń rozdzielnic wysokich i najwyższych napięć – 273	
4.2.4.	Układy połączeń stacji – 276	
4.3.	Rozwiązania konstrukcyjne rozdzielni i stacji	279
4.3.1.	Uwagi i wymagania ogólne – 279	
4.3.2.	Rozdzielnie napowietrzne – 280	
4.3.3.	Rozdzielnie wewnętrzne – 289	
4.3.4.	Rozdzielnice hermetycznie osłonięte – 302	
4.4.	Dobór elementów torów głównych	306
4.4.1.	Dobór transformatorów – 306	
4.4.2.	Dobór szyn zbiorczych – 310	
4.4.3.	Dobór izolatorów – 320	
4.4.4.	Dobór aparatów łączeniowych – 324	
4.4.5.	Dobór przekładników prądowych i napięciowych – 328	
4.4.6.	Dobór dławików zwarciovych – 330	
4.4.7.	Dobór ograniczników przepięć – 331	
4.4.8.	Projektowanie rozdzielnic prefabrykowanych – 334	
4.5.	Potrzeby własne stacji	334
4.5.1.	Odbiorniki potrzeb własnych – 334	
4.5.2.	Źródła i układy zasilania potrzeb własnych – 335	
4.6.	Obwody pomocnicze i nastawnie	337
4.6.1.	Automatyka elektroenergetyczna w stacjach – 337	
4.6.2.	Urządzenia i budynek nastawni – 338	
4.7.	Urządzenia sprężonego powietrza	339
4.8.	Urządzenia telekomunikacji i telemechaniki	340
4.9.	Eksplotacja stacji elektroenergetycznych	342
4.10.	Podstawowe zasady kompatybilności elektromagnetycznej w stacjach	343
4.11.	Bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w stacjach	345
	Wykaz ważniejszych oznaczeń	349
	Literatura	349

5. Elektroenergetyka przemysłowa 353

prof. dr hab. inż. Jerzy Kulczycki, prof. dr hab. inż. Władysław Wasiluk

5.1.	Wprowadzenie	354
5.2.	Odbiorniki energii elektrycznej w przemyśle	354
5.3.	Wpływ jakości energii elektrycznej na pracę odbiorników	356
5.4.	Wyznaczanie zapotrzebowania na moc i energię	363
5.5.	Napięcia elektroenergetycznych sieci przemysłowych	370
5.6.	Układy elektroenergetycznych sieci przemysłowych	374
5.6.1.	Klasyfikacja układów sieci – 374	
5.6.2.	Zracjonalizowane układy sieci – 380	
5.7.	Stacje elektroenergetyczne w zakładach przemysłowych	382
5.7.1.	Uprozczone metody wyboru liczby i lokalizacji stacji transformatorowych – 382	
5.7.2.	Projektowanie sieci rozdzielczych promieniowych, dwupoziomowych – 383	
5.8.	Ograniczanie prądu zwarciovego w sieciach przemysłowych	396

5.9. Wybór optymalnych parametrów urządzeń elektroenergetycznych w zakładach przemysłowych _____	399
5.10. Racjonalne użytkowanie mocy i energii elektrycznej w zakładach przemysłowych _____	401
5.11. Gospodarka mocą bierną w zakładach przemysłowych _____	405
5.12. Układ kompensacji mocy biernej _____	413
5.13. Projektowanie elektroenergetycznych sieci przemysłowych _____	414
5.14. Eksploatacja sieci i urządzeń elektroenergetycznych w przemyśle _____	415
Wykaz ważniejszych oznaczeń _____	419
Literatura _____	419

6. Gospodarka elektroenergetyczna _____ 421

prof. dr hab. inż. Jacek Marecki

6.1. Zmienność obciążenia elektrycznego _____	422
6.1.1. Rodzaje zmienności obciążenia – 422	
6.1.2. Dobowa zmienność obciążenia – 422	
6.1.3. Tygodniowa zmienność obciążenia – 427	
6.1.4. Roczna zmienność obciążenia – 428	
6.2. Straty mocy i energii w urządzeniach elektroenergetycznych _____	430
6.2.1. Charakterystyki przenoszenia mocy i energii – 430	
6.2.2. Obliczanie strat energii czynnej i biernej – 432	
6.3. Obliczenia gospodarcze w elektroenergetyce _____	435
6.3.1. Obliczanie kosztów rocznych – 435	
6.3.2. Rozkłady czasowe nakładów i efektów – 440	
6.3.3. Wybór rozwiązania optymalnego – 443	
6.3.4. Analiza opłacalności inwestycji – 445	
6.4. Niezawodność urządzeń i układów elektroenergetycznych _____	446
6.4.1. Obliczanie niezawodności – 446	
6.4.2. Obliczanie energii niedostarczonej – 448	
6.5. Koszty mocy i energii elektrycznej _____	450
6.5.1. Koszty dostawy energii elektrycznej – 450	
6.5.2. Taryfy elektroenergetyczne – 451	
Wykaz ważniejszych oznaczeń _____	453
Literatura _____	454

7. Systemy elektroenergetyczne _____ 455

Rozdział pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Zbigniewa Szczerby

*dr inż. Franciszek Buchta, mgr inż. Andrzej Chyrowicz, dr inż. Andrzej Kerner, dr inż. Ryszard Kowalik,
prof. dr hab. inż. Zbigniew Lubośny, dr hab. inż. Krzysztof Madajewski, prof. dr hab. inż. Zbigniew Szczerba,
prof. dr hab. inż. Ryszard Zajczyk*

7.1. Wiadomości ogólne _____	456
7.1.1. System elektroenergetyczny jako część systemu energetycznego – 456	
7.1.2. Podstawowe właściwości systemu elektroenergetycznego – 456	
7.1.3. Struktury systemu elektroenergetycznego – 458	
7.1.4. Krajowy system elektroenergetyczny w systemie europejskim – 461	

7.2.	Stany ustalone	466
7.2.1.	Wprowadzenie	466
7.2.2.	Optymalizacja pracy systemu w warunkach rynkowych	466
7.2.3.	Wyznaczanie rozpiętości mocy	468
7.2.4.	Sieci zastępcze	470
7.2.5.	Kształtowanie optymalnych rozpiętości mocy w warunkach rynkowych	471
7.2.6.	Estymacja stanu systemu elektroenergetycznego	473
7.3.	Stany niestabilne	478
7.3.1.	Wprowadzenie	478
7.3.2.	Modele systemu do badania stanów niestabilnych	484
7.3.3.	Stabilność układów elektroenergetycznych	497
7.4.	Sterowanie pracą systemu elektroenergetycznego	517
7.4.1.	Zagadnienia ogólne	517
7.4.2.	Struktury układu sterowania systemu	518
7.4.3.	Regulacja częstotliwości i mocy czynnej	519
7.4.4.	Regulacja poziomów napięcia i rozpiętości mocy biernej	526
7.4.5.	Inne układy regulacji	530
7.5.	Zagadnienia wybrane	530
7.5.1.	Planowanie w systemie elektroenergetycznym	530
7.5.2.	Elektrownie wiatrowe w systemie elektroenergetycznym	537
7.5.3.	Układy przesyłowe prądu stałego	552
7.5.4.	Stany awaryjne	558
7.5.5.	Systemy telekomunikacyjne w elektroenergetyce	570
	Wykaz ważniejszych oznaczeń	581
	Literatura	582

8. Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa (EAZ) 585

Rozdział pod kierunkiem dr inż. Sylwii Wróblewskiej

mgr inż. Hanna Dytry, dr inż. Zygmunt Kuran, mgr inż. Sławomir Skrodzki,

dr inż. Sylwia Wróblewska

8.1.	Wiadomości podstawowe	586
8.1.1.	Klasyfikacja EAZ	586
8.1.2.	Wymagania stawiane układom i urządzeniom EAZ	586
8.2.	Zakłócenia w pracy układów elektroenergetycznych	588
8.2.1.	Impedancje elementów systemu elektroenergetycznego	588
8.2.2.	Zwarcia wieloprądowe	589
8.2.3.	Zwarcia doziemne małosprądowe	592
8.2.4.	Rezystancja przejścia	592
8.2.5.	Praca niepełnofazowa	594
8.2.6.	Przeciążenia cieplne	594
8.2.7.	Zmniejszenie częstotliwości	594
8.2.8.	Obniżenie napięcia	596
8.2.9.	Utrata stabilności współpracy z siecią	596
8.3.	Przekładniki pomiarowe	597
8.3.1.	Przekładniki prądowe	597
8.3.2.	Przekładniki napięciowe	604

8.4.	Elementy funkcjonalne (przełączniki) w układach EAZ	608
8.4.1.	Funkcje zabezpieczeniowe	608
8.4.2.	Elementy pomocnicze stosowane w układach zabezpieczeń	608
8.5.	EAZ sieci średnich napięć	608
8.5.1.	Układy pracy sieci i charakterystyka zwarć doziemnych	608
8.5.2.	Zabezpieczenia ziemnozwarciowe	616
8.5.3.	Zabezpieczenia od zwarć międzyfazowych oraz podwójnych zwarć z ziemią	623
8.5.4.	Zabezpieczenia rozproszonych źródeł energii	625
8.5.5.	Analiza metod automatycznego eliminowania uszkodzonych odcinków sieci średniego napięcia	627
8.6.	EAZ sieci najwyższych napięć	631
8.6.1.	Zabezpieczenia linii	631
8.6.2.	Zabezpieczenia łącznika szyn	643
8.6.3.	Zabezpieczenia szyn zbiorczych	643
8.6.4.	Układ lokalnej rezerwy wyłącznikowej	649
8.7.	Zabezpieczenia transformatorów	650
8.7.1.	Zakłócenia w pracy transformatora	650
8.7.2.	Dobór zabezpieczeń transformatora	651
8.7.3.	Zabezpieczenia od zwarć wewnętrznych w uzwojeniach oraz w polach i na wyprowadzeniach	654
8.7.4.	Zabezpieczenia od zwarć zewnętrznych (zabezpieczenia rezerwowe)	661
8.7.5.	Zabezpieczenia od przeciążeń ruchowych	666
8.8.	Zabezpieczenia generatorów synchronicznych	667
8.8.1.	Zakres wymaganych zabezpieczeń	667
8.8.2.	Kryteria wykrywania zakłóceń i dobór nastawień zabezpieczeń	672
8.9.	Zabezpieczenia bloków generator—transformator	676
8.9.1.	Zakres wymaganych zabezpieczeń	676
8.10.	Zabezpieczenia silników asynchronicznych	684
8.10.1.	Wiadomości ogólne	684
8.10.2.	Silnik jako obiekt nagrzewany, ograniczenia w stosowaniu zabezpieczeń temperaturowych	685
8.10.3.	Funkcje zabezpieczeń cieplnych silników	687
8.10.4.	Funkcje realizowane za pomocą nowoczesnych zabezpieczeń silników	688
8.11.	Automatyka łączeniowa układów elektroenergetycznych	694
8.11.1.	Automatyka samoczynnego ponownego załączania (SPZ)	694
8.11.2.	Automatyka samoczynnego częstotliwościowego ociążania (SCO)	698
8.11.3.	Automatyka samoczynnego załączania rezerwy (SZR)	701
8.12.	Obwody wtórne EAZ	705
8.12.1.	Sterowanie układami elektroenergetycznymi	705
8.12.2.	Obwody sygnalizacji	707
8.12.3.	Obwody rejestracji	708
8.13.	Badanie zabezpieczeń	709
8.13.1.	Rodzaje badań	709

8.13.2.	Badania pełne wyrobu – 709	
8.13.3.	Badania odbiorcze wyrobu – 710	
8.13.4.	Badania odbiorcze układów zabezpieczeniowych na miejscu zainstalowania, tzw. SAT (ang. <i>site acceptance test</i>) – 710	
8.13.5.	Badania pełne układów zabezpieczeniowych – 710	
8.13.6.	Metody zastępowania badań pełnych układów zabezpieczeniowych – 710	
8.13.7.	Urządzenia do badania zabezpieczeń – 711	
8.13.8.	Układy pracy i metody badań – 714	
8.13.9.	Doskonalenie metod badania zabezpieczeń – 718	
8.13.10.	Wymuszalniki prądu pierwotnego – 718	
8.14.	Eksploatacja	719
8.14.1.	Wiadomości wstępne – 719	
8.14.2.	Zbiór dokumentów – 719	
8.14.3.	Ogłędziny i przeglądy układów – 719	
	Wykaz ważniejszych oznaczeń	721
	Literatura	721

9. Instalacje elektryczne 723

dr inż. Jan Strzałka, mgr inż. Tadeusz Rosak, dr inż. Antoni Wolski

9.1.	Wiadomości ogólne	724
9.1.1.	Klasyfikacja instalacji – 724	
9.1.2.	Układy sieci – 725	
9.1.3.	Elementy składowe instalacji – 726	
9.1.4.	Systemy zasilania instalacji – 727	
9.1.5.	Obwody odbiorcze instalacji w budynkach mieszkalnych – 728	
9.1.6.	Warunki pracy instalacji – 731	
9.1.7.	Wymagania przepisów dotyczące instalacji – 732	
9.2.	Układanie przewodów i kabli	733
9.2.1.	Wprowadzenie – 733	
9.2.2.	Sposoby układania przewodów – 734	
9.2.3.	Sposoby prowadzenia przewodów w budynkach mieszkalnych – 741	
9.2.4.	Sposoby układania kabli – 742	
9.2.5.	Przewody szynowe – 743	
9.3.	Wyznaczanie obciążeń instalacji elektrycznych	745
9.3.1.	Wstęp – 745	
9.3.2.	Wyznaczanie obciążeń instalacji w budynkach nieprzemysłowych – 746	
9.3.3.	Wyznaczanie obciążeń instalacji oświetleniowej – 749	
9.3.4.	Wyznaczanie obciążeń instalacji siłowej – 750	
9.4.	Dobór przekroju przewodów i kabli	750
9.4.1.	Kryteria doboru przekroju – 750	
9.4.2.	Dobór przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą – 750	
9.4.3.	Dobór przekroju przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia – 751	
9.4.4.	Dobór przekroju przewodów ze względu na wytrzymałość mechaniczną – 756	

9.4.5.	Dobór przekroju przewodów ze względu na skuteczność ochrony przeciwporażeniowej – 758	
9.4.6.	Dobór przekroju przewodów neutralnych N – 758	
9.4.7.	Dobór przekroju przewodów ochronnych PE i ochronno-neutralnych PEN – 760	
9.4.8.	Dobór przekroju przewodów wyrównawczych i uziemiających – 761	
9.5.	Dobór zabezpieczeń w obwodach instalacji elektrycznych	762
9.5.1.	Dobór zabezpieczeń kabli i przewodów – 762	
9.5.2.	Dobór zabezpieczeń silników – 764	
9.5.3.	Dobór zabezpieczeń baterii kondensatorów statycznych – 767	
9.5.4.	Dobór zabezpieczeń urządzeń elektrotermicznych – 767	
9.5.5.	Selektywność zabezpieczeń – 768	
9.6.	Sprzęt instalacyjny, aparatura łączeniowa i zabezpieczająca	770
9.6.1.	Osprzęt instalacyjny – 770	
9.6.2.	Sprzęt instalacyjny – 771	
9.6.3.	Łączniki izolacyjne niskiego napięcia – 772	
9.6.4.	Rozłączniki i styczniki niskiego napięcia – 772	
9.6.5.	Wyłączniki samoczynne niskiego napięcia – 775	
9.6.6.	Nadprądowe wyłączniki instalacyjne – 776	
9.6.7.	Wyłączniki różnicowoprądowe – 777	
9.6.8.	Bezpieczniki niskiego napięcia – 779	
9.7.	Rozdzielnice o napięciu znamionowym do 1000 V	782
9.7.1.	Klasyfikacja rozdzielnic – 782	
9.7.2.	Rozdzielnice tablicowe – 783	
9.7.3.	Rozdzielnice skrzynkowe – 783	
9.7.4.	Rozdzielnice szafowe – 784	
9.7.5.	Rozdzielnice stycznikowe, pulpity i kolumny sterownicze – 789	
9.7.6.	Dobór rozdzielnic – 789	
9.8.	Instalacje ochrony odgromowej i urządzenia ochrony przeciwprzepięciowej	789
9.8.1.	Instalacje piorunochronne – 789	
9.8.2.	Dobór urządzeń ochrony przeciwprzepięciowej – 790	
9.9.	Projektowanie instalacji elektrycznych	793
9.9.1.	Wprowadzenie – 793	
9.9.2.	Projekt koncepcyjny – 794	
9.9.3.	Projekt wykonawczy – 794	
9.9.4.	Projektowanie instalacji w budynkach nieprzemysłowych – 795	
9.9.5.	Projektowanie instalacji w zakładach przemysłowych – 797	
9.10.	Zasady projektowania instalacji elektrycznych specjalnych	798
9.10.1.	Ogólne zasady doboru aparatów i urządzeń do warunków środowiskowych – 798	
9.10.2.	Instalacje w pomieszczeniach zagrożonych pożarem – 799	
9.10.3.	Instalacje w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem – 800	
9.10.4.	Instalacje w pomieszczeniach medycznych – 803	
9.10.5.	Instalacje elektryczne na placach budowy – 804	
9.11.	Instalacje elektryczne w „inteligentnych” budynkach	806
9.11.1.	Wprowadzenie – 806	
9.11.2.	Systemy instalacji – 807	

Spis treści	XV
9.12. Zasady eksploatacji instalacji elektrycznych	809
Wykaz ważniejszych oznaczeń	811
Literatura	811
10. Jakość energii elektrycznej	815
dr hab. inż. Zbigniew Hanzelka	
10.1. Wprowadzenie	816
10.1.1. Kompatybilność elektromagnetyczna	816
10.1.2. Jakość energii elektrycznej	816
10.1.3. Przyczyny wzrostu zainteresowania jakością energii	818
10.2. Normalizacja	819
10.3. Klasyfikacja zaburzeń elektromagnetycznych	819
10.4. Pomiar wskaźników jakości napięcia	821
10.4.1. Klasy pomiarów	821
10.4.2. Organizacja pomiarów	822
10.4.3. Agregacja pomiarów w przedziałach czasu	822
10.4.4. Koncepcja oznaczania	823
10.4.5. Statystyczne miary parametrów jakości napięcia	824
10.5. Zasady poprawy jakości energii	824
10.6. Wartość napięcia	825
10.6.1. Przyczyny zmian wartości skutecznej napięcia	825
10.6.2. Skutki zmian wartości skutecznej napięcia	827
10.6.3. Szybkie zmiany napięcia	828
10.6.4. Układy stabilizacji napięcia	828
10.7. Wahanía napięcia	829
10.7.1. Definicje zaburzenia	829
10.7.2. Źródła wahań napięcia	831
10.7.3. Skutki wahań napięcia	832
10.7.4. Pomiar wahań napięcia	833
10.7.5. Sposoby redukcji wahań napięcia	835
10.8. Asymetria napięć i prądów	838
10.8.1. Opis zaburzenia	838
10.8.2. Liczbowe miary asymetrii	840
10.8.3. Przyczyny asymetrii	841
10.8.4. Skutki asymetrii	842
10.8.5. Symetryzacja	845
10.9. Zapady napięcia i krótkie przerwy w zasilaniu	850
10.9.1. Definicje	850
10.9.2. Źródła zapadów napięcia	851
10.9.3. Czas trwania zapadu napięcia	851
10.9.4. Wartość zapadu napięcia	851
10.9.5. Skutki zapadów napięcia i krótkich przerw w zasilaniu	853
10.9.6. Sposoby redukcji skutków zapadów	857
10.9.7. Metody agregacji wyników pomiaru	859
10.9.8. Klasyfikacja wyników pomiarów	861
10.10. Odształcenie napięć i prądów	861
10.10.1. Definicja harmonicznej	861
10.10.2. Kompozycja i dekompozycja przebiegu odształconego	862

10.10.3. Harmoniczne i składowe symetryczne – 863	
10.10.4. Klasyfikacja składowych odkształcających – 863	
10.10.5. Miary liczbowe odkształcenia napięć i prądów – 864	
10.10.6. Pomiar odkształcenia – 865	
10.10.7. Źródła wyższych harmonicznych prądu – 869	
10.10.8. Harmoniczne napięcia – 874	
10.10.9. Skutki obecności wyższych harmonicznych – 877	
10.10.10. Sposoby redukcji negatywnych skutków harmonicznych – 884	
10.10.11. Lokalizacja źródeł wyższych harmonicznych w sieciach zasilających – 887	
10.10.12. Normalizacja w dziedzinie wyższych harmonicznych – 888	
Wykaz ważniejszych oznaczeń	888
Literatura	889

11. Ochrona przeciwporażeniowa 893

dr inż. Witold Jabłoński

11.1. Ochrona przeciwporażeniowa w polskich dokumentach normatywnych	894
11.2. Działanie prądu na organizm ludzki oraz dopuszczalne napięcia dotykowe rażeniowe i dotykowe spodziewane	897
11.3. Techniczne środki ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach i liniach niskiego napięcia	900
11.3.1. Struktura i cele ochrony przeciwporażeniowej – 900	
11.3.2. Podstawowe oznaczenia przewodów i zacisków ochronnych, układów sieciowych i urządzeń – 901	
11.3.3. Środki ochrony podstawowej – 905	
11.3.4. Klasyfikacja środków ochrony przy uszkodzeniu – 907	
11.3.5. Ochrona przez samoczynne wyłączenie zasilania w układach TN, TT i IT – 907	
11.3.6. Łączenie punktów neutralnych sieci niskiego napięcia z uziomem stacji zasilającej – 923	
11.3.7. Ochrona przez zastosowanie urządzeń II klasy ochronności lub o izolacji równoważnej – 927	
11.3.8. Ochrona przez zastosowanie izolowanego stanowiska – 928	
11.3.9. Ochrona przez zastosowanie nieziemionych połączeń wyrównawczych – 929	
11.3.10. Ochrona przez zastosowanie separacji elektrycznej – 929	
11.3.11. Ochrona wzmocniona – 931	
11.3.12. Ochrona przeciwporażeniowa w niskonapięciowych instalacjach lub pomieszczeniach specjalnych – 932	
11.3.13. Ochrona przeciwporażeniowa w liniach elektroenergetycznych niskiego napięcia – 933	
11.4. Techniczne środki ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach i liniach elektroenergetycznych o napięciu wyższym niż 1 kV	935
11.4.1. Struktura ochrony – 935	
11.4.2. Środki ochrony podstawowej w instalacjach wysokiego napięcia – 936	
11.4.3. Zasady ochrony przy uszkodzeniu – 937	
11.4.4. Środki ochrony przy uszkodzeniu w stacjach wysokiego napięcia – 941	

11.4.5.	Ocena skuteczności ochrony przy uszkodzeniu w stacjach wysokiego napięcia – 941	
11.4.6.	Środki ochrony podstawowej w liniach wysokiego napięcia – 943	
11.4.7.	Środki ochrony przy uszkodzeniu w liniach wysokiego napięcia – 943	
11.4.8.	Kryteria skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w liniach wysokiego napięcia – 944	
11.4.9.	Obliczanie napięcia uziomowego U_E i prądu uziomowego I_E – 944	
11.5.	Badania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej	948
11.5.1.	Rodzaje i terminy badań – 948	
11.5.2.	Urządzenia pomiarowe i dokładność pomiarów – 949	
11.5.3.	Bezpieczeństwo osób i urządzeń w czasie pomiarów – 950	
11.5.4.	Badania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach niskiego napięcia – 951	
11.5.5.	Badania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach wysokiego napięcia – 964	
11.5.6.	Opracowanie wyników badań – 968	
Wykaz ważniejszych oznaczeń		969
Literatura		970
Skorowidz		971