



Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń	XI
Wykaz tabel	XV
1. Wstęp	1
2. Definicje	5
2.1. Uwagi wstępne	5
2.2. Definicje z zakresu urządzeń i sieci elektrycznych	6
2.3. Definicje podstawowe z zakresu ochrony przed porażeniami	8
2.4. Napięcia i natężenia prądu	9
2.5. Definicje związane z uziemieniami	11
2.6. Definicje z zakresu korozji i elektrochemii	15
3. Oddziaływanie prądu na organizm człowieka	17
3.1. Uwagi wstępne	17
3.2. Definicje dotyczące oddziaływania prądu na organizm człowieka	18
3.3. Impedancja ciała człowieka	19
3.4. Oddziaływanie prądu na serce człowieka	28
3.5. Powierzchnia dłoni człowieka	32
4. Powstawanie zagrożenia porażeniowego, ogólne zasady uziemień i ich rola w sieciach, pierwotne wartości kryterialne	35
4.1. Wstęp	35
4.2. Mechanizmy powstawania zagrożenia porażeniowego przy dotyku pośrednim w urządzeniach o napięciu powyżej 1 kV	36
4.3. Rola uziemień w zmniejszaniu napięć spodziewanych	39
4.4. Napięcie dotykowe	41
4.5. Napięcie krokowe	47
4.6. Dopuszczalne wartości napięć dotykowych rażeniowych	50
4.7. Dopuszczalne wartości napięć krokowych rażeniowych	57

5. Rezystywność gruntu	59
5.1. Wiadomości ogólne	59
5.2. Definicja rezystywności gruntu	60
5.3. Grunty i gleby	61
5.4. Wpływ różnych czynników na rezystywność gruntu	66
5.5. Zmienność rezystywności gruntów w warunkach naturalnych	76
5.5.1. Uwagi ogólne	76
5.5.2. Źródło danych	78
5.5.3. Wyniki z poligonu	80
5.5.3. Uogólnienie obserwacji	86
5.5.4. Możliwe kierunki rozwiązania problemu	88
5.6. Podsumowanie	91
6. Beton i jego właściwości elektryczne	93
6.1. Uwagi wstępne	93
6.2. Własne kryterium oceny przewodności betonu	97
6.3. Ocena przewodnictwa betonu	99
6.3.1. Uwagi wstępne	99
6.3.2. Opis próbek betonu	100
6.3.3. Badanie zależności rezystywności próbki od przyłożonego napięcia	101
6.3.4. Wpływ temperatury na rezystywność betonu	103
6.3.5. Badanie wpływu wilgotności betonu na jego rezystywność	105
6.3.6. Badania rezystywności próbek betonu narażonych na działanie roztworów glebowych	107
6.3.7. Badania rezystywności zewnętrznej warstwy betonu gotowych żerdzi wirowanych	108
6.4. Wnioski	109
7. Parametry i rozptyw prądu ziemnozwarciowego	111
7.1. Uwagi wstępne	111
7.2. Czas trwania zakłócenia	112
7.2.1. Podstawy	112
7.2.2. Obliczanie dla potrzeb doboru elementów instalacji ze względu na zagrożenie porażeniem	112
7.2.3. Obliczanie dla potrzeb doboru elementów instalacji ze względu na zjawiska cieplne	117
7.3. Prądy uwzględniane przy doborze instalacji uziemiających	119
7.4. Przykłady rozptyłów prądów ziemnozwarciowych	128
7.4.1. Przykład z normy PN-EN 50522 [N11]	128

7.4.2.	Typowa polska stacja 110 kV/SN	132
7.4.3.	Słup linii SN	134
7.4.4.	Słup linii WN	138
7.4.5.	Stacja SN/nn zasilana linią napowietrzną	141
7.4.6.	Stacja SN/nn zasilana linią kablową	144
7.4.7.	Stacja SN/nn z rozdzielonymi uziemieniami	146
8.	Teoria i obliczanie uziemień	147
8.1.	Funkcje uziemień	147
8.2.	Uziemienia ochronne	149
8.3.	Uziomy pojedyncze	150
8.3.1.	Uziom pionowy	150
8.3.2.	Uziom poziomy	159
8.3.3.	Uziom pierścieniowy	166
8.4.	Uziomy złożone	167
8.4.1.	Uwagi ogólne	167
8.4.2.	Symetryczny układ trzech uziomów pionowych	170
8.4.3.	Uziom otokowy	170
8.4.4.	Uziomy pionowe na obwodzie kwadratu wg normy BS 7430	171
8.4.5.	Uziom rzędowy	173
8.4.6.	Uziom kratowy	177
8.4.7.	Uziom kratowy rozbudowany o uziomy pionowe	180
8.5.	Dywagacje	181
9.	Wymagania cieplne i mechaniczne dla uziomów	183
9.1.	Nagrzewanie	183
9.1.1.	Nagrzewanie gruntu	183
9.1.2.	Nagrzewanie uziomów i przewodów uziemiających	187
9.2.	Minimalne wymiary uziomów ze względu na wytrzymałość mechaniczną i odporność na korozję	202
9.3.	Minimalne wymiary przewodów uziemiających ze względu na wytrzymałość mechaniczną i odporność na korozję	212
10.	Ochrona przed porażeniami przy dotyku pośrednim w stacjach elektroenergetycznych	216
10.1.	Zakres	216
10.2.	Algorytm podstawowy	217
10.3.	Ogrodzenia zewnętrzne wokół stacji elektroenergetycznej	227
10.4.	Rurociągi	228
10.5.	Szyny kolejowe	228
10.6.	Kable telekomunikacyjne	229

10.7.	Obwody wtórne przekładników	229
10.8.	Studzienka kontrolna	230
10.9.	Uziom kratowy	231
10.10.	Słup nieprzewodzący z aparaturą łączeniową	232
10.11.	Stacje transformatorowe i/lub aparatura łączeniowa zamontowane na słupach – zasady ogólne	232
10.12.	Stacja SN/nn jako obiekt szczególny	233
10.12.1.	Uwagi wstępne	233
10.12.2.	Skutki zwarcia po stronie SN	235
10.12.3.	Warunki dla stacji SN/nn zasilającej sieć TN o wspólnym uziemienu	239
10.12.4.	Stacja SN/nn z rozdzielonymi uziemieniami	248
11.	Uziemienia słupów napowietrznych linii elektroenergetycznych o napięciu powyżej 1 kV	253
11.1.	Uwagi wstępne	253
11.2.	Dobór uziemień słupów z punktu widzenia ochrony odgromowej	255
11.3.	Algorytm projektowania instalacji uziemiającej słupa	260
11.4.	Wyjątki od algorytmu	270
11.5.	Zmodyfikowane algorytmy oceny układu uziomowego słupów	274
11.5.1.	Sieć o punkcie neutralnym uziemionym bezpośrednio, przez rezystor lub za pomocą układu równoległego	274
11.5.2.	Sieć z izolowanym punktem neutralnym, skompensowana lub z dekompensacją	276
11.6.	Określenie rezystywności gruntu	280
11.7.	Słup z aparaturą łączeniową lub pomiarową	284
11.8.	Słup z głowicą kablową	285
11.9.	Wykonanie uziemień przy słupach betonowych linii SN	286
11.10.	Uwagi praktyczne	289
12.	Zagadnienia różne	293
12.1.	Uziomy naturalne	293
12.2.	Zespolona instalacja uziemiająca	294
12.3.	Unikanie zjawiska wynoszenia potencjału	300
12.4.	Uziemienia w liniach nn	300
13.	Zagrożenia korozyjne instalacji uziemiających	304
13.1.	Wprowadzenie	304
13.2.	Mechanizmy i typy korozji występujące w układach uziomowych	305
13.3.	Wnioski	318

14. Konstrukcja uziomów	320
14.1. Wprowadzenie	320
14.2. Konstrukcje uziomów	320
14.2.1. Uziomy fundamentowe	320
14.2.2. Kratownice i uziomy płytowe	320
14.2.3. Uziomy poziome	321
14.2.4. Uziomy pionowe	322
14.3. Sposoby pograżania uziomów pionowych	325
14.4. Sposoby łączenia uziomów poziomych i pionowych	326
15. Badania związane z instalacjami uziemiającymi	329
15.1. Wstęp	329
15.2. Pomiar rezystywności gruntu	329
15.3. Pomiar napięć dotykowych rażeniowych	331
15.4. Sprawdzanie ciągłości instalacji uziemiającej	344
15.5. Pomiary rezystancji uziemienia	346
Literatura	356
Artykuły, książki, źródła internetowe	356
Normy	358
Inne piśmiennictwo	359
Załącznik nr 1. Niesamowite porażenie zwierząt	360
Załącznik nr 2. Uwagi do normy dotyczącej uziemień stacji elektroenergetycznych o napięciu powyżej 1 kV	365