

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

VI i Spis treści

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 rozptył 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 [Nil].	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

VIII Spis treści

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