

Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń	XIII
Spis tablic	XVII
1. Wstęp.....	1
2. Definicje.....	3
2.1. Wyjaśnienia.....	3
2.2. Pojęcia ogólne i związane z sieciami elektroenergetycznymi.....	4
2.3. Pojęcia związane z ochroną przed porażeniami, punktem neutralnym i sposobem jego pracy	6
2.4. Definicje z zakresu elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej	15
2.4.1. Klasyfikacja przełączników	15
2.4.2. Stany przełączników	18
2.4.3. Wielkości charakteryzujące przełączniki	19
2.4.4. Definicje związane z zabezpieczeniami.....	23
3. Zwarcia doziemne jako zjawisko fizyczne.....	25
3.1. Pojęcia związane z rozdziałem	25
3.2. Podstawy	25
3.3. Przyczyny zwarć.....	26
3.4. Zwarcia doziemne	27
4. Obliczanie wielkości ziemnozwarciowych metodą składowych symetrycznych	29
4.1. Elementy sieci	29
4.2. Schemat zastępczy.....	31
4.3. Zastosowanie metody składowych symetrycznych.....	37
4.4. Ocena wielkości ziemnozwarciowych.....	39
4.4.1. Sieć wybrana do analizy	39

4.4.2.	Wpływ rezystancji przejścia	40
4.4.3.	Wpływ odległości miejsca zwarcia od początku linii.....	47
4.4.4.	Wpływ impedancji transformatora uzemiającego.....	49
4.5.	Wpływ rezystancji uzemiającej w punkcie neutralnym na ustalone przepięcia ziemnozwarciowe	51
4.6.	Praktyczna metoda składowych symetrycznych	52
5.	Uprozczone metody obliczania wielkości ziemnozwarciowych	54
5.1.	Wstęp	54
5.2.	Schemat bez uwzględniania impedancji wzdłużnej linii	54
5.3.	Schemat z uwzględnieniem impedancji wzdłużnej linii doziemionej.....	62
5.4.	Wybrane wykresy i porównanie metod uproszczonych.....	63
6.	Podstawy ochrony przed porażeniami	70
6.1.	Uwagi wstępne.....	70
6.2.	Powstawanie niebezpiecznych napięć rażeniowych	71
6.3.	Określone uznane środki M.....	79
6.4.	Zespolona instalacja uzemiająca	82
6.5.	Czas trwania zwarcia doziemnego	84
7.	Wymagania dla sieci i instalacji nn.....	87
7.1.	Wprowadzenie.....	87
7.2.	Wymagania ogólne.....	87
7.2.1.	Sieć TN	87
7.2.2.	Sieć TT	93
8.	Ochrona przed porażeniami przy dotyku pośrednim w stacjach SN/nn.....	94
8.1.	Stacja SN/nn jako obiekt szczególny	94
8.2.	Skutki zwarcia po stronie SN	95
8.3.	Prąd uziomowy a prąd ziemnozwarciowy	104
8.4.	Znormalizowany algorytm projektowania instalacji uzemiającej ze względu na napięcie dotykowe rażeniowe	116
8.5.	Stacja SN/nn bez rozdzielonych uzemień zasilająca sieć w systemie TN . . .	118
8.6.	Stacja SN/nn z rozdzielonymi uzziemieniami zasilająca sieć w systemie TN	121
8.7.	Stacja SN/nn zasilająca sieć w systemie TT	126
9.	Ochrona przed porażeniami przy dotyku pośrednim w liniach SN	127
9.1.	Uwagi wstępne.....	127
9.2.	Algorytm oceny zagrożenia przy słupach bez aparatury łączeniowej.....	127
9.3.	Wyjątki od algorytmu.....	139
9.4.	Zmodyfikowane algorytmy oceny układu uziomowego słupów	144
9.4.1.	Sieć o punkcie neutralnym uzziemionym przez rezystor lub układem równoległym.....	144
9.4.2.	Sieć z izolowanym punktem neutralnym, skompensowana lub z dekompensacją.....	147
9.5.	Określenie rezystywności gruntu	149
9.6.	Słup z aparaturą łączeniową	153
9.7.	Słup z głowicą kablową.....	154
9.8.	Wykonanie uzemień przy słupach betonowych.....	155

10. Asymetria sieci i określenie pojemnościowego prądu zwarcia doziemnego	158
10.1. Uwagi wstępne	158
10.2. Asymetria w sieci	158
10.3. Metody określania pojemnościowego prądu zwarcia	161
10.3.1. Przydatność	161
10.3.2. Obliczanie	161
10.3.3. Zwarcie pomiarowe	163
10.3.4. Miernik MPZ	163
10.3.5. Badanie krzywej rezonansowej w sieci z dławikiem zaczepowym	165
10.3.6. Regulator dławika	167
10.3.7. Metody bazujące na rzeczywistych zwarcjach	167
11. Ogólne wiadomości o sposobach pracy punktu neutralnego sieci średnich napięć	168
11.1. Główne cechy sieci z nieskutecznie uziemionym punktem neutralnym	168
11.2. Uwarunkowania historyczne w Polsce	169
11.3. Ochrona przed porażeniami	171
11.4. Prąd graniczny gaszenia łuku	172
11.5. Nieustalone przepięcia ziemnozwarciowe	175
11.6. Zabezpieczenia ziemnozwarciowe	177
11.7. Sposoby pracy p.n. rzadko stosowane w Polsce	177
11.8. Sieć o izolowanym p.n.	179
11.9. Sieć skompensowana	181
11.10. Sieć z punktem neutralnym uziemionym przez rezystor	184
11.11. Układ równoległy dławika i rezystora	186
11.12. Właściwości szczegółowe	186
11.13. Wybór sposobu pracy punktu neutralnego	191
12. Rozwiązania techniczne dla poszczególnych sposobów pracy punktu neutralnego	196
12.1. Sieć skompensowana	196
12.2. Sieć o punkcie neutralnym uziemionym przez rezystor	210
13. Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa w sieciach średnich napięć	216
13.1. Wprowadzenie	216
13.2. Wyposażenie pól w zabezpieczenia i automatyki	220
13.3. Kody zabezpieczeń	226
13.4. Struktura sieci SN	227
13.5. Obliczanie prądów zwarciovych	230
13.6. Wytrzymałość zwarciova transformatorów	236
13.7. Charakterystyki prądowo-czasowe zabezpieczeń nadprądowych	238
14. Zabezpieczenia przed skutkami przetężeń fazowych w polach rozdzielni SN	241
14.1. Wstęp	241
14.2. Pole liniowe	243
14.2.1. Schemat przyłączenia	243
14.2.2. Zabezpieczenie przed skutkami przeciążeń linii	245
14.2.3. Zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne przed skutkami	

zwarć międzyfazowych	246
14.2.4. Zabezpieczenie nadprądowe zwarciove.....	251
14.2.5. Zabezpieczenie przed skutkami załączenia linii na zwarcie	257
14.3. Pole łącznika szyn	258
14.3.1. Zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne	258
14.3.2. Zabezpieczenie zwarciove.....	259
14.4. Pole transformatora potrzeb własnych.....	259
14.4.1. Zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne	259
14.4.2. Zabezpieczenie zwarciove	261
14.5. Pole baterii kondensatorów	262
14.5.1. Wstęp	262
14.5.2. Wybrane definicje	263
14.5.3. Dobór zabezpieczeń.....	264
14.5.4. Zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne przed skutkami przeciążeń .	265
14.5.5. Zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne	268
14.5.6. Zabezpieczenia nadnapięciowe.....	269
14.5.7. Zabezpieczenie podnapięciowe.....	270
14.5.8. Zabezpieczenie przed skutkami zwarć wewnętrznych baterii-----	271
14.5.9. Zabezpieczenie przed załączeniem nierozładowanej baterii	275
14.6. Pole strony SN transformatora zasilającego	276
14.6.1. Zabezpieczenie przed skutkami przeciążeń.....	276
14.6.2. Zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne	276
14.6.3. Zabezpieczenie zwarciove	277
14.7. Funkcje zapobiegające zbędnym zadziałaniom zabezpieczeń przed skutkami zwarć międzyfazowych po zamknięciu wyłącznika	278
15. Zabezpieczenia nadprądowe zwarciove dla linii.....	281
15.1. Wprowadzenie	281
15.2. Dobór nastawy prądowej z punktu widzenia selektywności.....	282
15.3. Ochrona początkowego odcinka linii	284
15.4. Zagrożenia przy działaniu zabezpieczenia zwłocznego	290
15.5. Określenie wartości nastawczych z punktu widzenia zjawisk cieplnych przy przepływie prądu zwarciovego	292
15.6. Blokada SPZ od zadziałania 1».....	293
15.7. Metodyka doboru nastawy	294
16. Inne zabezpieczenia i automatyki	296
16.1. Uwagi wstępne	296
16.2. Zabezpieczenie szyn zbiorczych.....	296
16.2.1. Zasada działania.....	296
16.2.2. Dobór nastaw.....	300
16.3. Lokalna rezerwa wyłącznikowa	303
16.4. Automatyka SPZ.....	305
16.5. Automatyka SZR	308
16.5.1. Uwagi wstępne	308
16.5.2. Układ pierwotny stacji	309
16.5.3. Sposób przyłączenia	310
16.5.4. Działanie	312
16.5.5. Nastawy	315
16.6. Automatyka SCO.....	316

17. Zabezpieczenia ziemnozwarciowe	317
17.1. Zakres tematyki	317
17.2. Historia	319
17.3. Działanie na wyłączenie czy sygnalizację	319
17.4. Wyposażenie pól rozdzielni w zabezpieczenia ziemnozwarciowe	321
17.5. Współpraca i rezerwowanie zabezpieczeń ziemnozwarciowych	330
17.6. Automatyka wymuszania składowej czynnej lub biernej	333
17.7. Podstawa działania zabezpieczeń zerowoprądowych i admitancyjnych	337
17.8. Błędy układu zabezpieczeń wpływające na dobór nastaw	339
17.9. Dobór nastaw dla linii	343
17.9.1. Uwagi wstępne	343
17.9.2. Zabezpieczenie zerowoprądowe	343
17.9.3. Zabezpieczenie konduktancyjne	346
17.9.4. Zabezpieczenie admitancyjne	347
17.9.5. Zabezpieczenie susceptancyjne kierunkowe	348
17.9.6. Zabezpieczenie porównawczo-admitancyjne	349
17.9.7. Zabezpieczenia kierunkowe	349
17.9.8. Zerowonapięciowe zabezpieczenie autonomiczne i jako człony rozruchowe zabezpieczeń ziemnozwarciowych	350
17.9.9. Nastawy czasowe zabezpieczeń ziemnozwarciowych w polach liniowych	351
17.9.10. Uwarunkowania dla łączników w głębi sieci	352
17.10. Dobór nastaw w polu podłużnego łącznika szyn (łącznika sekcyjnego)	355
17.11. Dobór nastaw zabezpieczeń i automatyki AWSCz w polu transformatora uziemiającego	357
17.11.1. Uwagi wstępne	357
17.11.2. Sieć o p.n. uziemionym przez rezystor	358
17.11.3. Sieć skompensowana z dławikami zaczepowymi	361
17.11.4. Sieć skompensowana z dławikami regulowanymi	363
17.11.5. Zabezpieczenie różnicowe zerowoprądowe	367
17.12. Dobór nastaw zabezpieczeń w polu baterii kondensatorów równoległych (BKR)	368
17.13. Dobór nastaw zabezpieczeń w polu SN transformatora mocy 110 kV/SN	370
17.14. Dobór nastaw w polu pomiaru napięcia	372
17.15. Zakres wykrywanych rezystancji przejścia w miejscu zwarcia	372
17.16. Przyczyny nieprawidłowego działania zabezpieczeń ziemnozwarciowych	374
 18. Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa dla sieci ze źródłami lokalnymi	 377
18.1. Wstęp	377
18.2. Rodzaje elektrowni lokalnych i sposoby przyłączy	383
18.3. Wymagania ogólne	385
18.4. Zwarcia międzyfazowe	387
18.5. Zwarcia doziemne w sieci SN	395
18.6. Inne zabezpieczenia i automatyki	397
18.7. Linia bez odbiorców	401
18.8. Automatyka SZR	403
18.9. Wnioski	406

19. Przykłady obliczeniowe.....	408
Uwagi ogólne do przykładów	408
P.1. Dobór urządzeń w punkcie neutralnym sieci i wymagań dla uziemień (rezystor)	409
P.2. Dobór urządzeń w punkcie neutralnym sieci i wymagań dla uziemień (sieć napowietrzno-kablowa)	414
P.3. Dobór urządzeń w punkcie neutralnym sieci i wymagań dla uziemień (sieć napowietrzno-kablowa, dławik zaczepowy).....	422
P.4. Dobór urządzeń w punkcie neutralnym sieci i wymagań dla uziemień (sieć napowietrzno-kablowa, dławik regulowany)	427
P5. Linia jednolita bez źródeł z zabezpieczeniem tylko na początku.....	435
P6. Linia jednolita bez źródeł zasilająca RS	439
P7. Linia jednolita bez źródeł, zasilająca RS przyłączoną do szyn współpracujących z EL.....	449
P8. Linia niejednorodna zasilająca na końcu odbiorcę wyposażonego w zabezpieczenie	458
P9. Linia jednolita z reklozorem w ciągu głównym.....	464
P10. Linia jednolita z reklozorem w odplywie.....	471
P11. Linia jednolita z dwoma reklozerni w ciągu głównym	475
P12. Linia z reklozerni zbyt blisko szyn zbiorczych.....	485
P13. Zabezpieczenia ziemnozwarciowe w liniach sieci o izolowanym punkcie neutralnym. Przykład prosty.	491
P14. Zabezpieczenia ziemnozwarciowe w liniach sieci o izolowanym punkcie neutralnym (przykład z komplikacjami).....	494
P15. Zabezpieczenia ziemnozwarciowe w liniach sieci o punkcie neutralnym uziemionym przez rezystor	498
P16. Zabezpieczenia ziemnozwarciowe w liniach sieci o punkcie neutralnym uziemionym przez dławik z płynną regulacją	505
P17. Pole potrzeb własnych w sieci skompensowanej. Dławik zaczepowy.....	512
P18. Pole potrzeb własnych w sieci skompensowanej. Dławik zaczepowy	519
P19. Pole potrzeb własnych w sieci skompensowanej. Dławik z płynną regulacją	522
P20. Zabezpieczenia w polu SN transformatora 110 kV/SN i sprzęgła podłużnego	530
P21. Linia z odbiorcami i elektrownią wiatrową.....	
P22. Zabezpieczenie szyn zbiorczych.....	545
P23. Zabezpieczenia ziemnozwarciowe w reklozerach	549
Załącznik nr 1. Wybrane parametry elektryczne linii napowietrznych i kablowych.....	554
Załącznik nr 2. Obliczanie minimalnego prądu zwarcia między fazowego	565
Z2.1. Podstawy.....	565
Z2.2. Model matematyczny	566
Z2.3. Skala zjawiska	568
Z2.4. Analiza szczegółowa	569
Z2.5. Wnioski	575
Załącznik nr 3. Transformacja prądów zwarciovych.....	578
Literatura.....	580
Artykuły, książki, patenty	580
Normy.....	583

