

Spis treści

1.	Wstęp	9
2.	Kable i osprzęt kablowy	11
2.1	Kable WN (110 ÷ 400 kV), budowa, rodzaje	11
2.1.1	Budowa kabla	11
2.1.2	Żyły robocze	16
2.1.3	Układ izolacyjny kabli WN	19
2.1.4	Żyła powrotna	22
2.1.5	Uszczelnienia i bariery przeciwwilgociowe	23
2.1.6	Powłoki zewnętrzne	24
2.1.7	Oznaczenia kabli	24
2.2	Głowice	26
2.2.1	Głowice napowietrzne klasyczne	26
2.2.2	Głowice napowietrzne elastyczne	28
2.2.3	Głowice wtykowe	29
2.3	Mufy	30
2.3.1	Mufy przelotowe	32
2.3.2	Mufy crossbondingowe i uziemieniowe	33
2.3.3	Mufy przejściowe i trzyczęściowe	34
2.3.4	Połączenia wtykowe, mufy rozgałęźne	35
2.4	Skrzynki crossbondingowe, uziemieniowe i uziemiające	37
2.4.1	Połączenia muf ze skrzynkami crossbondingowymi	38
2.4.2	Uziemienia skrzynek	39
2.4.3	Ograniczniki przepięć	39
2.4.4	Osprzęt kablowy przystosowany do monitoringu temperatury pracy kabli (DTS)	40
2.5	Systemy kablowe WN	41
2.5.1	Badania typu systemów kablowych WN	42
2.5.2	Badania prekwifikacyjne systemów kablowych	47
3.	Linie kablowe, zasady budowy	49
3.1	Budowa linii kablowej	49
3.1.1	Struktura przykładowej linii kablowej	49
3.1.2	Układy kabli. Zapasy kabli	53
3.1.2.1	Układy kabli, zalety rozwiązań	53
3.1.2.2	Zapasy kabli	53
3.1.3	Materiał otoczenia kabli	54
3.1.3.1	Rodzaje wypełnień	54
3.1.3.2	Zjawisko przesuszania gruntu	55
3.1.4	Oznakowanie linii i kabli	56
3.1.4.1	Oznaczniki trasy	56
3.1.4.2	Oznaczniki kabli	57

3.1.4.3	Folia sygnalizacyjna	59
3.1.5	Przykrycia ochronne linii	59
3.1.6	Opis budowy przykładowej linii kablowej	60
3.2	Stanowiska głowic i muf	66
3.2.1	Stanowiska głowic	66
3.2.1.1	Stanowiska napowietrzne	66
3.2.1.2	Głowice przy rozdzielnicach GIS	71
3.2.2	Stanowiska muf	74
3.2.3	Mufy i skrzynki crossbondingowe	76
3.2.3.1	Crossbonding, pojęcia podstawowe	76
3.2.3.2	Instalowanie skrzynek crossbondingowych i uziemiających	78
3.2.3.3	Wzajemne umiejscawianie skrzynek i muf	81
3.3	Przewody ECC	82
3.3.1	Przyczyny stosowania przewodów ECC	82
3.3.2	Sposoby układania przewodu ECC	83
3.3.3	Dobór rodzaju i przekroju przewodu ECC	86
3.3.4	Przykładowy dobór przekroju przewodu ECC	87
3.3.5	Podsumowanie	88
3.4	Skrzyżowania i zbliżenia	89
3.4.1	Wymagane odległości przy zbliżeniach i skrzyżowaniach	89
3.4.2	Skrzyżowania i zbliżenia z drogami	90
3.4.3	Skrzyżowanie i zbliżenia z torowiskami	91
3.4.4	Skrzyżowanie i zbliżenia z rurociągami	91
3.4.5	Skrzyżowanie i zbliżenia ze zbiornikami wodnymi i rzekami	92
3.4.6	Skrzyżowanie i zbliżenia z budynkami i budowlami	93
3.4.7	Skrzyżowanie i zbliżenia z innymi liniami kablowymi	94
3.4.8	Zbliżenia urządzeń ochrony budowli od wyładowań atmosferycznych	95
3.5	Przepusty	96
3.5.1	Wstęp	96
3.5.2	Materiały na przepusty. Zalecenia wykonawcze	99
3.5.3	Uszczelnienia przepustów	101
3.5.4	Wypełnienia przepustów	103
3.5.4.1	Przepusty niewypełniane	103
3.5.4.2	Bentonit	103
3.5.4.3	Woda	105
3.6	Prowadzenie linii w kanałach na konstrukcjach	107
3.6.1	Konstrukcje mostowe, estakady	107
3.6.2	Kanały i tunele, zalecenia wspólne	108
3.6.2.1	Kanały kablowe	108
3.6.2.2	Tunele kablowe	109
3.7	Kanalizacja telekomunikacyjna	109
4.	Łączenie linii kablowej z linią napowietrzną	111
4.1	Wstęp	111

4.2	Ogólne wymagania	111
4.3	Osłony linii kablowych	116
4.4	Sytuowanie fazowych ograniczników przepięć i liczników zadziałań	117
4.5	Sytuowanie ograniczników przepięć żył powrotnych	120
4.6	Wprowadzanie linii telekomunikacyjnych	120
5.	Obliczenia elektryczne linii	123
5.1	Parametry elektryczne linii	123
5.1.1	Rezystancja	123
5.1.1.1	Rezystancja żył	123
5.1.1.2	Rezystancja izolacji	125
5.1.2	Pojemność linii, moc bierna i jej kompensacja	126
5.1.3	Indukcyjność linii	130
5.1.4	Zasada doboru dławików do kompensacji mocy biernej linii	131
5.2	Straty elektryczne w linii	133
5.2.1	Straty w żyłach roboczych	133
5.2.2	Straty dielektryczne (w izolacji)	134
5.2.3	Straty w żyłach powrotnych	135
5.3	Napięcia indukowane	136
5.3.1	Napięcia indukowane w żyłach powrotnych	136
5.3.1.1	Indukcyjność kabli	136
5.3.1.2	Napięcie indukowane w żyłę powrotnej kabla	139
5.3.2	Układ z obustronnym uziemieniem żył powrotnych	141
5.3.2.1	Napięcia i prądy w żyłach powrotnych	141
5.3.2.2	Zmniejszenie asymetrii w linii płaskiej	143
5.3.2.3	Wartości prądu w żyłach powrotnych w zależności od budowy linii	144
5.3.2.4	Podsumowanie	146
5.3.3	Układ z jednostronnym uziemieniem żył powrotnych	146
5.3.3.1	Wstęp	146
5.3.3.2	Napięcia na otwartych końcach żył powrotnych	146
5.3.3.3	Maksymalna długość linii z jednostronnym uziemieniem żył powrotnych	150
5.3.3.4	Maksymalna wartość napięcia pomiędzy otwartymi końcami żył powrotnych a ziemią w czasie normalnej pracy linii	151
5.3.3.5	Podsumowanie	153
5.3.4	Linia z krzyżowaniem żył powrotnych - crossbonding	153
5.3.4.1	Opis idei krzyżowania żył powrotnych	153
5.3.4.2	Wyznaczanie napięć o częstotliwości sieciowej w miejscach krzyżowania żył powrotnych w stanie normalnej pracy linii	156
5.3.4.3	Wyznaczanie napięć o częstotliwości sieciowej w miejscach krzyżowania żył powrotnych w stanach zakłóceń	157
5.3.5	Crossbonding połówkowy (niepełny)	162
5.3.6	Wyznaczanie długości odcinków crossbondingowych	164

5.3.6.1	Wyznaczanie długości odcinków. Długości pozorne	164
5.3.6.2	Wyznaczanie obciążalności ciągłej przy rzeczywistym crossbondingu	169
5.4	Zwarcia w liniach kablowych	171
5.4.1	Wstęp. Prądy zwarcia w sieciach 110 kV	171
5.4.2	Narażenia zwarcia linii kablowej	172
5.4.3	Sposoby obliczania wytrzymałości zwarcia żył kabli	173
5.5	Oddziaływania linii na inne urządzenia	177
5.5.1	Wstęp	177
5.5.2	Oddziaływanie magnetyczne w stanach zakłóceń	178
5.5.3	Oddziaływanie galwaniczne	183
5.5.4	Oddziaływanie linii trójfazowej w czasie jej normalnej pracy	183
5.6	Dobór ograniczników fazowych	185
5.6.1	Wstęp	185
5.6.2	Oznaczenia	185
5.6.3	Wyznaczenie napięcia U_c	186
5.6.4	Znamionowy prąd wyładowczy	187
5.6.5	Napięcie obniżone	187
5.6.6	Wytrzymałość zwarcia	187
5.6.7	Klasa rozładowania linii/klasyfikacja ogranicznika	188
5.6.8	Zdolność pochłaniania energii	188
5.6.9	Graniczny prąd wyładowczy	188
5.6.10	Długotrwały prąd udarowy	188
5.6.11	Droga upływu osłony zewnętrznej	188
5.7	Dobór ograniczników żył powrotnych	189
5.7.1	Wstęp	189
5.7.2	Dobór napięcia trwałej pracy U_c	189
5.7.3	Znamionowy prąd wyładowczy	191
5.7.4	Napięcie obniżone	191
5.7.5	Wytrzymałość zwarcia	191
5.7.6	Klasa rozładowania linii	191
5.7.7	Zdolność pochłaniania energii	192
5.7.8	Graniczny prąd wyładowczy	192
5.7.9	Długotrwały prąd udarowy	192
5.7.10	Droga upływu osłony zewnętrznej	192
6.	Obliczenia cieplne linii kablowej	193
6.1	Dopuszczalne temperatury żył roboczych i powrotnych	193
6.2	Metoda zgrubna określania obciążalności prądowej	194
6.3	Metoda dokładna określania obciążalności prądowej	196
6.3.1	Rezystancja żyły roboczej	197
6.3.2	Pojemność kabli i straty dielektryczne	197
6.3.3	Współczynnik strat dodatkowych	198
6.3.4	Rezystancja cieplna T_1 izolacji głównej	201

6.3.5	Rezystancja cieplna powłoki kabla T_3 dla kabli jednożyłowych	202
6.3.6	Rezystancja cieplna T_4 otoczenia zewnętrznego kabla	202
6.4	Rezystancja cieplna otoczenia kabla przy ułożeniu w gruncie	203
6.4.1	Rezystancja cieplna kabli bez przepustów	203
6.4.2	Uwzględnienie przepustów	207
6.4.3	Typowe wartości rezystancji cieplnych dla wybranych kabli i przepustów	209
6.5	Rezystancja cieplna otoczenia T_4 przy ułożeniu linii w powietrzu	218
6.6	Rezystancja cieplna otoczenia T_4 przy ułożeniu linii w kanale	220
6.7	Przepustowość linii kablowej przy obciążeniu zmiennym	223
7.	System pomiaru temperatury linii kablowej, zastosowania	225
7.1	System pomiaru temperatury	225
7.1.1	Wstęp	225
7.1.2	Zasada działania urządzenia DTS	225
7.1.3	Możliwości DTS-ów	226
7.1.4	Przykładowe wyniki pomiarów	228
7.2	Pomiary temperatury gruntu	229
7.2.1	Wstęp	229
7.2.2	Sposób uzyskania danych	230
7.2.3	Warunki wykonania pomiaru	230
7.2.4	Wyniki	230
7.2.5	Wnioski	231
7.3	Systemy DAS i DVS	232
8.	Obliczanie siły ciągnięcia kabli	235
8.1	Wstęp	235
8.2	Siła oporu. Używane oznaczenia, podstawowe wzory	235
8.2.1	Siła oporu przy odwijaniu kabla z bębna	236
8.2.2	Siły tarcia na prostym odcinku linii	238
8.2.3	Siła oporu na zakręcie trasy	239
8.3	Siła nacisku na pojedynczą rolkę na zakręcie trasy	239
8.4	Przykładowe obliczenie sił oporu	240
8.5	Dopuszczalne siły ciągnięcia kabli	242
9.	Pole magnetyczne wokół słupów kablowych	245
9.1	Wstęp	245
9.2	Pole magnetyczne nad linią kablową	245
9.3	Pole magnetyczne przy słupie kablowym	246
9.4	Przykłady z pomiarów	250
9.4.1	Pomiar laboratoryjny	250
9.4.2	Pomiar z natury	251
	Spis literatury	253