

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	Ostony 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	Przypadek przegrzania linii	146
5.3.2.5	Podsumowanie	147
5.3.3	Układ z jednostronnym uziemieniem żył powrotnych	148
5.3.3.1	Wstęp	148
5.3.3.2	Napięcia na otwartych końcach żył powrotnych	148
5.3.3.3	Maksymalna długość linii z jednostronnym uziemieniem żył powrotnych	151
5.3.3.4	Maksymalna wartość napięcia pomiędzy otwartymi końcami żył powrotnych a ziemią w czasie normalnej pracy linii	153
5.3.3.5	Podsumowanie	154
5.3.4	Linia z krzyżowaniem żył powrotnych - crossbonding	155
5.3.4.1	Opis idei krzyżowania żył powrotnych	155
5.3.4.2	Wyznaczanie napięć o częstotliwości sieciowej w miejscach krzyżowania żył powrotnych w stanie normalnej pracy linii	158
5.3.4.3	Wyznaczanie napięć o częstotliwości sieciowej w miejscach krzyżowania żył powrotnych w stanach zakłóceń	159
5.3.5	Crossbonding połówkowy (niepełny)	163

5.3.6	Wyznaczanie długości odcinków crossbondingowych	165
5.3.6.1	Wyznaczanie długości odcinków. Długości pozorne	165
5.3.6.2	Wyznaczanie obciążalności ciągłej przy rzeczywistym crossbondingu	170
5.4	Zwarcia w liniach kablowych	172
5.4.1	Wstęp. Prądy zwarcia w sieciach 110 kV	172
5.4.2	Narażenia zwarcia linii kablowej	173
5.4.3	Sposoby obliczania wytrzymałości zwarcia żył kabli	175
5.5	Oddziaływania linii na inne urządzenia	179
5.5.1	Wstęp	179
5.5.2	Oddziaływanie magnetyczne w stanach zakłóceń	179
5.5.3	Oddziaływanie galwaniczne	184
5.5.4	Oddziaływanie linii trójfazowej w czasie jej normalnej pracy	185
5.6	Dobór ograniczników fazowych	186
5.6.1	Wstęp	186
5.6.2	Oznaczenia	187
5.6.3	Wyznaczenie napięcia U_c	188
5.6.4	Znamionowy prąd wyładowczy	189
5.6.5	Napięcie obniżone	189
5.6.6	Wytrzymałość zwarcia	189
5.6.7	Klasa rozładowania linii/klasyfikacja ogranicznika	189
5.6.8	Zdolność pochłaniania energii	190
5.6.9	Graniczny prąd wyładowczy	190
5.6.10	Długotrwały prąd udarowy	190
5.6.11	Droga upływu osłony zewnętrznej	190
5.7	Dobór ograniczników żył powrotnych	190
5.7.1	Wstęp	190
5.7.2	Dobór napięcia trwałej pracy U_c	191
5.7.3	Znamionowy prąd wyładowczy	192
5.7.4	Napięcie obniżone	192
5.7.5	Wytrzymałość zwarcia	193
5.7.6	Klasa rozładowania linii	193
5.7.7	Zdolność pochłaniania energii	193
5.7.8	Graniczny prąd wyładowczy	193
5.7.9	Długotrwały prąd udarowy	193
5.7.10	Droga upływu osłony zewnętrznej	194
6.	Obliczenia cieplne linii kablowej	195
6.1	Dopuszczalne temperatury żył roboczych i powrotnych	195
6.2	Metoda zgrubna określania obciążalności prądowej	196
6.3	Metoda dokładna określania obciążalności prądowej	198
6.3.1	Rezystancja żyły roboczej	199
6.3.2	Pojemność kabli i straty dielektryczne	199
6.3.3	Współczynnik strat dodatkowych	200

6.3.4	Rezystancja cieplna T_1 izolacji głównej	203
6.3.5	Rezystancja cieplna powłoki kabla T_3 dla kabli jednożyłowych	204
6.3.6	Rezystancja cieplna T_4 otoczenia zewnętrznego kabla	204
6.4	Rezystancja cieplna otoczenia kabla przy ułożeniu w gruncie	205
6.4.1	Rezystancja cieplna kabli bez przepustów	205
6.4.2	Uwzględnienie przepustów	209
6.4.3	Typowe wartości rezystancji cieplnych dla wybranych kabli i przepustów	211
6.5	Rezystancja cieplna otoczenia T_4 przy ułożeniu linii w powietrzu	220
6.6	Rezystancja cieplna otoczenia T_4 przy ułożeniu linii w kanale	222
6.7	Przepustowość linii kablowej przy obciążeniu zmiennym	225
7.	System pomiaru temperatury linii kablowej, zastosowania	227
7.1	System pomiaru temperatury	227
7.1.1	Wstęp	227
7.1.2	Zasada działania urządzenia DTS	227
7.1.3	Możliwości DTS-ów	228
7.1.4	Przykładowe wyniki pomiarów	230
7.2	Pomiary temperatury gruntu	231
7.2.1	Wstęp	231
7.2.2	Sposób uzyskania danych	232
7.2.3	Warunki wykonania pomiaru	232
7.2.4	Wyniki	232
7.2.5	Wnioski	233
7.3	Systemy DAS i DVS	234
7.4	Główne błędy popełniane przy montażu włókien światłowodowych	236
8.	Obliczanie siły ciągnięcia kabli	239
8.1	Wstęp	239
8.2	Siła oporu. Używane oznaczenia, podstawowe wzory	239
8.2.1	Siła oporu przy odwijaniu kabla z bębna	240
8.2.2	Siły tarcia na prostym odcinku linii	242
8.2.3	Siła oporu na zakręcie trasy	243
8.3	Siła nacisku na pojedynczą rolkę na zakręcie trasy	243
8.4	Przykładowe obliczenie sił oporu	244
8.5	Dopuszczalne siły ciągnięcia kabli	246
9.	Pole magnetyczne wokół słupów kablowych	249
9.1	Wstęp	249
9.2	Pole magnetyczne nad linią kablową	249
9.3	Pole magnetyczne przy słupie kablowym	250
9.4	Przykłady z pomiarów	254
9.4.1	Pomiar laboratoryjny	254
9.4.2	Pomiar z natury	255
	Spis literatury	257