

# Spis treści

<b>PRZEDMOWA</b> .....	21
<b>WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ I SKRÓTÓW</b> .....	23
<b>1. Wstęp</b> .....	26
1.1. Definicje i określenia podstawowych pojęć .....	26
1.2. Podstawowe determinanty procesów budowlanych w elektroenergetyce .....	26
1.3. Holistyczne podejście do realizacji przedsięwzięć budowlanych .....	29
<b>CZĘŚĆ 1. ZAGADNIENIA OGÓLNE</b> .....	33
<b>2. Prawne aspekty procesu budowlanego w odniesieniu do elektroenergetycznej infrastruktury sieciowej</b> .....	35
2.1. Uwagi ogólne .....	35
2.2. Uregulowania prawne .....	36
<b>3. Problemy formalnoprawne i środowiskowe związane z budową infrastruktury elektroenergetycznej</b> .....	38
3.1. Uwagi ogólne .....	38
3.2. Zagadnienia wpływające na możliwości i sposoby rozwiązania procesu projektowania i budowy infrastruktury w kontekście obowiązującego w Polsce prawodawstwa .....	39
<b>4. Zagadnienia związane z projektowaniem i budową infrastruktury elektroenergetycznej</b> .....	42
4.1. Uwagi ogólne .....	42
4.2. Oddziaływanie infrastruktury elektroenergetycznej na otoczenie .....	42
4.2.1. Wprowadzenie .....	42
4.2.2. Oddziaływanie pola elektromagnetycznego na otoczenie .....	43
4.2.3. Wpływ budownictwa sieciowego na gospodarkę leśną .....	45
4.2.4. Wpływ hałasu generowanego przez linie elektroenergetyczne na otoczenie ...	46
4.2.5. Zakłócenia radioelektryczne generowane przez linie elektroenergetyczne .....	47
4.2.6. Zagadnienia estetyki przy projektowaniu linii napowietrznych .....	48
4.2.7. Aspekty społeczne budowy infrastruktury elektroenergetycznej .....	48
<b>5. Wybrane zagadnienia mechaniki związane z budową linii elektroenergetycznych</b> .....	50
5.1. Mechanika przewodów .....	50

5.1.1. Wprowadzenie . . . . .	50
5.1.2. Równanie krzywej łańcuchowej . . . . .	50
5.1.3. Długość łuku krzywej łańcuchowej . . . . .	54
5.1.4. Zależność zwisu od naprężenia . . . . .	54
5.1.5. Równanie dla przęsła pochyłego . . . . .	57
5.1.6. Oddziaływanie przewodu na słup linii elektroenergetycznej . . . . .	59
5.2. Równanie stanów . . . . .	59
5.3. Zagadnienia związane z automatyzacją projektowania linii napowietrznych . . . . .	61
5.3.1. Wprowadzenie . . . . .	61
5.3.2. Określenie ważniejszych pojęć z zakresu automatyzacji projektowania linii napowietrznych . . . . .	62
5.3.3. Problematyka racjonalizacji projektowania linii z wykorzystaniem maszyn cyfrowych . . . . .	63
5.4. Podstawowe zagadnienia związane z budową linii napowietrznych . . . . .	69
5.4.1. Wprowadzenie . . . . .	69
5.4.2. Obciążalność termiczna linii napowietrznych . . . . .	69
5.4.3. Odstępy izolacyjne od ziemi i krzyżowanych obiektów . . . . .	71
5.4.4. Obostrzenia . . . . .	72
5.4.5. Wpływ wiatru na pracę elektroenergetycznych linii napowietrznych . . . . .	73
5.4.6. Wpływ oblodzenia na pracę elektroenergetycznych linii napowietrznych . . . . .	75
5.4.7. Podsumowanie . . . . .	76
Literatura do części 1 . . . . .	76

<b>CZEŚĆ 2. ELEKTROENERGETYCZNE LINIE NAPOWIETRZNE WYSOKICH NAPIĘĆ . . . . .</b>	<b>79</b>
<b>6. Ogólna charakterystyka linii napowietrznych wysokich napięć . . . . .</b>	<b>81</b>
6.1. Uwagi ogólne . . . . .	81
6.2. Podstawowe elementy elektroenergetycznej linii napowietrznej . . . . .	82
6.3. Linie napowietrzne wysokich napięć . . . . .	84
6.3.1. Linie wielotorowe prądu przemiennego . . . . .	84
6.3.2. Linie napowietrzne prądu stałego . . . . .	88
6.4. Bariery rozwoju budowy elektroenergetycznych linii napowietrznych wysokich napięć . . . . .	89
<b>7. Przewody elektroenergetyczne linii wysokich napięć . . . . .</b>	<b>91</b>
7.1. Uwagi ogólne . . . . .	91
7.2. Przewody elektroenergetyczne miedziane . . . . .	92
7.3. Przewody elektroenergetyczne aluminiowe . . . . .	93
<b>8. Izolatory i osprzęt liniowy . . . . .</b>	<b>103</b>
<b>9. Konstrukcje wsporcze . . . . .</b>	<b>115</b>
<b>10. Fundamenty i instalacje uziemiające . . . . .</b>	<b>124</b>
10.1. Uwagi ogólne . . . . .	124
10.2. Fundamenty . . . . .	124
10.3. Instalacje uziemiające . . . . .	129
<b>11. Budowa i montaż fundamentów . . . . .</b>	<b>135</b>
11.1. Uwagi ogólne . . . . .	135
11.2. Skład i wyposażenie brygad ziemno-fundamentowych . . . . .	136

11.3. Fundamenty prefabrykowane żelbetowe .....	138
11.3.1. Wprowadzenie .....	138
11.3.2. Transport i składowanie elementów prefabrykowanych .....	138
11.3.3. Montaż i ustawianie fundamentów prefabrykowanych w wykopach .....	139
11.3.4. Fundamenty prefabrykowane żelbetowe z kotwami betonowanymi na mokro w terenie .....	141
11.3.5. Montaż, ustawianie fundamentów i zabetonowanie kotew .....	142
11.4. Fundamenty terenowe betonowe i żelbetowe .....	142
11.4.1. Wprowadzenie .....	142
11.4.2. Mieszanka betonowa .....	143
11.4.3. Transport mieszanki betonowej z wytwórni na stanowisko słupa .....	144
11.4.4. Zbrojenie fundamentów żelbetowych .....	145
11.4.5. Roboty betonowe w warunkach niskich temperatur .....	151
11.5. Fundamentowanie na studniach i w kesonach .....	151
11.5.1. Studnie .....	151
11.5.2. Kesony .....	153
11.6. Izolacja fundamentów .....	154
11.6.1. Wprowadzenie .....	154
11.6.2. Prace przygotowawcze .....	154
11.6.3. Wykonanie wykopu .....	155
11.6.4. Odwadnianie wykopu i terenu .....	156
11.6.5. Wykonanie poduszek i zasypanie wykopu .....	156
11.6.6. Niwelacja terenu przy posadowieniu słupa na zboczu .....	156
11.6.7. Prace w terenie bardzo mokrym .....	157
11.7. Działanie w wypadku wystąpienia awarii .....	157
11.8. Fundamentowanie w ujęciu ustawy środowiskowej .....	158
<b>12. Montaż uziomów i instalacji uziemiających .....</b>	<b>160</b>
12.1. Uwagi ogólne .....	160
12.2. Skład i podstawowe wyposażenie brygady montażu uziemień i instalacji uziemiających .....	162
12.3. Typowe materiały potrzebne do wykonania uziomu .....	164
12.4. Montaż uziemień linii elektroenergetycznych .....	165
12.4.1. Wprowadzenie .....	165
12.4.2. Słupy betonowe .....	165
12.4.3. Słupy kratowe .....	165
12.5. Remont uziemień na czynnych liniach elektroenergetycznych .....	166
12.5.1. Pomiar rezystancji i sprawdzenie stanu technicznego uziomu .....	166
12.5.2. Określenie sposobu zmniejszania rezystancji uziomu i ilości materiałów .....	167
12.5.3. Warunki, w jakich mogą być wykonywane prace montażowe na czynnej linii .....	167
12.5.4. Technologia montażu .....	168
12.5.5. Wykonywanie przewodów uziemiających .....	170
12.6. Łączenie elementów uziomu .....	171
12.6.1. Połączenia spawane .....	171
12.6.2. Połączenia skręcane .....	171
12.6.3. Połączenia zgrzewane .....	171
12.6.4. Połączenia za pomocą objemki .....	172
12.7. Zasypywanie wykopów .....	172

12.8. Sztuczne zmniejszanie rezystancji uziomu . . . . .	172
12.9. Pomiary rezystancji uziomu i rezystywności gruntu . . . . .	173
12.9.1. Pomiar rezystancji uziomu . . . . .	173
12.9.2. Pomiar rezystywności gruntu . . . . .	174
<b>13. Montaż i stawianie słupów linii napowietrznych i wysokich konstrukcji wolnostojących . . . . .</b>	<b>176</b>
13.1. Uwagi ogólne . . . . .	176
13.2. Montaż i stawianie słupów linii napowietrznych metodą obrotową . . . . .	176
13.2.1. Wprowadzenie . . . . .	176
13.2.2. Poziomy montaż słupów . . . . .	178
13.2.3. Obrotowe stawianie słupów . . . . .	196
13.3. Montaż i stawianie wysokościowe słupów linii napowietrznych i wysokich wież wolnostojących . . . . .	217
13.3.1. Wprowadzenie . . . . .	217
13.3.2. Montaż wysokościowy słupów . . . . .	219
13.3.3. Montaż wysokościowy słupów członami żurawiem samochodowym – zasady szczegółowe . . . . .	227
13.3.4. Montaż wysokościowy słupów wysięgnikiem 20 m ustawionym centralnie – zasady szczegółowe . . . . .	257
13.3.5. Montaż wysokościowy słupów wysięgnikami 12 m mocowanymi do krawężników – zasady szczegółowe . . . . .	268
13.3.6. Montaż wysokościowy wież wolnostojących . . . . .	275
13.3.7. Kontrola prawidłowości zmontowanego słupa lub wieży . . . . .	276
13.3.8. Tabele montażowe . . . . .	276
<b>14. Montaż przewodów elektroenergetycznych linii wysokich napięć . . . . .</b>	<b>316</b>
14.1. Uwagi ogólne . . . . .	316
14.2. Instrukcja organizacji bezpiecznej pracy przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych . . . . .	318
14.2.1. Wytyczne ogólne . . . . .	318
14.2.2. Wytyczne bezpiecznej pracy na liniach remontowanych . . . . .	319
14.3. Ogólne zasady organizacji robót . . . . .	321
14.3.1. Opis zaplanowanych robót . . . . .	321
14.3.2. Skład brygady, wyposażenie w narzędzia i sprzęt technologiczny . . . . .	321
14.3.3. Środki łączności przy pracach montażowych i remontowych . . . . .	324
14.3.4. Przygotowanie sekcji odciągowej do montażu przewodów na budowanej lub remontowanej linii . . . . .	325
14.3.5. Przekazanie sekcji odciągowej do montażu . . . . .	325
14.3.6. Ustawienie bramek ochronnych na skrzyżowaniach . . . . .	326
14.3.7. Ustalenie warunków zabezpieczenia ruchu na krzyżowanych obiektach komunikacyjnych . . . . .	327
14.3.8. Zabezpieczenie słupów ograniczających sekcję odciągową . . . . .	327
14.3.9. Ustawienie wciągarki i hamownika wraz z ich zakotwieniem . . . . .	329
14.4. Szczegółowy opis technologii robót . . . . .	330
14.4.1. Montaż przewodów AFL, AFLs i AAL na nowo budowanej linii metodą wciągarka–hamownik . . . . .	330
14.4.2. Rozwijanie linki wstępnej i podwieszanie łańcuchów izolatorowych wraz z rolkami . . . . .	332

14.4.3. Montaż przewodów AFL, AFLs i AAL na remontowanej linii metodą wciągarka–hamownik . . . . .	333
14.5. Regulacja zwisów przewodów . . . . .	342
14.5.1. Ogólne zasady regulacji zwisów przewodów na liniach nowo budowanych . . . . .	342
14.5.2. Ogólne zasady regulacji zwisów przewodów na liniach remontowanych . . . . .	343
14.5.3. Wybór przęsła do regulacji zwisów przewodów . . . . .	343
14.5.4. Pomiar zwisów przewodów . . . . .	344
14.5.5. Wytyczne posługiwania się tabelą zwisów przewodów . . . . .	345
14.5.6. Rozmieszczenie pracowników brygady podczas regulacji zwisów przewodów . . . . .	346
14.5.7. Kolejność czynności przy regulacji zwisów przewodów . . . . .	347
14.5.8. Regulacja zwisów przewodów w bardzo długich sekcjach . . . . .	347
14.6. Montaż uchwytów odciążowych, zacisków i złączek zaprasowywanych . . . . .	349
14.6.1. Montaż uchwytów odciążowych przewodów roboczych i odgromowych . . . . .	349
14.6.2. Prasowanie uchwytów odciążowych przewodów AFL i AFLs . . . . .	349
14.6.3. Prasowanie uchwytów odciążowych przewodów AAL . . . . .	351
14.6.4. Montaż złączek przelotowych . . . . .	352
14.6.5. Montaż pętli tłumiących i tłumików drgań Stockbridge’a . . . . .	354
14.6.6. Montaż odstępników . . . . .	355
14.7. Wytyczne naprawy uszkodzonych przewodów stalowo-aluminiowych . . . . .	355
14.7.1. Wprowadzenie . . . . .	355
14.7.2. Naprawa przewodów za pomocą taśmy lub drutu aluminiowego . . . . .	355
14.7.3. Naprawa przewodów za pomocą złączek reperacyjnych oplotowych . . . . .	356
14.7.4. Naprawa przewodów za pomocą złączek reperacyjnych zaprasowywanych . . . . .	356
14.8. Likwidacja stanowisk pracy . . . . .	357
<b>15. Zawieszanie i łączenie przewodów światłowodowych . . . . .</b>	<b>358</b>
15.1. Wprowadzenie . . . . .	358
15.1.1. Przeznaczenie instrukcji . . . . .	358
15.1.2. Zakres instrukcji montażowej . . . . .	358
15.1.3. Normy, przepisy związane, instrukcje, katalogi . . . . .	358
15.1.4. Działania zabezpieczające . . . . .	359
15.2. Wytyczne BHP przy montażu przewodów światłowodowych . . . . .	359
15.3. Wytyczne technologii montażu przewodów światłowodowych . . . . .	361
15.3.1. Pojęcia podstawowe . . . . .	361
15.3.2. Wymagania przy obchodzeniu się z przewodem światłowodowym . . . . .	361
15.3.3. Warunki montażu przewodów światłowodowych . . . . .	362
15.4. Ogólna charakterystyka podstawowego i pomocniczego osprzętu technologicznego do montażu przewodów światłowodowych . . . . .	362
15.4.1. Zestaw wciągarkowo-hamujący . . . . .	362
15.4.2. Bębny kablowe, podnośniki bębnowe . . . . .	363
15.4.3. Rolki montażowe . . . . .	363
15.4.4. Linka wstępna . . . . .	364
15.4.5. Stabilizator skrętu, osprzęt łączeniowy . . . . .	364
15.4.6. Uchwyty montażowe . . . . .	364
15.4.7. Klucze dynamometryczne . . . . .	365
15.4.8. Wieszak do montażu uchwytów przelotowych . . . . .	365
15.4.9. Pomost lub drabina montażowa . . . . .	366

15.5. Łączność przy montażu przewodów światłowodowych . . . . .	366
15.6. Prace przygotowawcze . . . . .	366
15.6.1. Przygotowanie sekcji do rozwijania przewodów . . . . .	366
15.6.2. Zabezpieczenie skrzyżowań . . . . .	367
15.6.3. Zawieszenie rolek montażowych . . . . .	367
15.7. Rozwijanie przewodów światłowodowych za pomocą zestawu wciągarkowo-hamującego . . . . .	367
15.7.1. Opis metody . . . . .	367
15.7.2. Ustawienie sprzętu i członków brygady oraz rozdział zadań . . . . .	368
15.7.3. Stanowiska łączności podstawowej i awaryjnej . . . . .	369
15.7.4. Rozwijanie linki wstępnej . . . . .	370
15.7.5. Wykorzystanie istniejącego przewodu odgromowego w charakterze linki wstępnej . . . . .	370
15.7.6. Rozwijanie przewodu światłowodowego . . . . .	371
15.8. Regulacja zwisów i naprężanie przewodów . . . . .	372
15.8.1. Ogólne wytyczne regulacji zwisów przewodów . . . . .	372
15.8.2. Kolejność czynności przy regulacji zwisów przewodów w sekcji odciągowej . . . . .	373
15.9. Montaż zawiesznień . . . . .	373
15.9.1. Ogólne wytyczne montażu zawiesznień . . . . .	373
15.9.2. Montaż zawiesznień odciągowych . . . . .	373
15.9.3. Montaż zawiesznień przelotowych . . . . .	374
15.9.4. Montaż tłumików . . . . .	375
15.10. Instalacja przewodów światłowodowych na słupie . . . . .	375
15.10.1. Wytyczne instalacji przewodów światłowodowych na słupie . . . . .	375
15.10.2. Montaż przewodów światłowodowych na słupie . . . . .	376
15.10.3. Montaż zapasu stałego przewodu . . . . .	376
15.10.4. Montaż zapasu tymczasowego przewodu . . . . .	376
15.10.5. Montaż skrzynek połączeniowych . . . . .	377
15.11. Likwidacja stanowisk roboczych . . . . .	377
15.12. Wytyczne składu brygad i wyposażenia w narzędzia . . . . .	377
15.13. Załączniki . . . . .	378
15.13.1. Instrukcja montażu uchwytu odciągowego skręcanego . . . . .	378
15.13.2. Instrukcja montażu uchwytu przelotowego skręcanego . . . . .	379
15.13.3. Instrukcja montażu uchwytu odciągowego oplotowego . . . . .	380
15.13.4. Instrukcja montażu uchwytu przelotowego oplotowego . . . . .	381
15.13.5. Instrukcja montażu tłumika Stockbridge'a . . . . .	381
15.13.6. Instrukcja montażu tłumika spiralnego . . . . .	382
15.13.7. Instrukcja montażu uchwytu prowadzącego odsadzonego i uziemiającego . . . . .	383
15.13.8. Instrukcja montażu uchwytu skręcanego-zabki . . . . .	383
<b>16. Montaż osprzętu przewodowego i izolatorowego stosowanego w budownictwie linii i stacji elektroenergetycznych wysokiego napięcia . . . . .</b>	<b>385</b>
16.1. Wprowadzenie . . . . .	385
16.1.1. Przedmiot instrukcji montażowej . . . . .	385
16.1.2. Zakres instrukcji . . . . .	385
16.1.3. Przeznaczenie instrukcji . . . . .	385
16.1.4. Normy, przepisy związane, instrukcje, katalogi . . . . .	385

16.2. Skład i wyposażenie brygad . . . . .	387
16.2.1. Skład brygady . . . . .	387
16.2.2. Wyposażenie brygady . . . . .	387
16.3. Podstawowe zasady BHP . . . . .	387
16.4. Osprzęt przewodowy . . . . .	388
16.4.1. Osprzęt zaprasowywany . . . . .	388
16.4.2. Osprzęt skręcany . . . . .	400
16.4.3. Osprzęt oplotowy . . . . .	401
16.4.4. Montaż tłumików drgań . . . . .	404
16.4.5. Montaż innych elementów osprzętu . . . . .	405
16.5. Osprzęt izolatorowy . . . . .	407
16.5.1. Montaż łańcuchów izolatorowych z osprzętem główkowym . . . . .	407
16.5.2. Montaż łańcuchów izolatorowych z osprzętem widlastym . . . . .	407
16.5.3. Montaż łańcuchów izolatorowych z izolatorami kompozytowymi . . . . .	407
16.5.4. Montaż osprzętu łukoochronnego . . . . .	407
<b>17. Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa konstrukcji . . . . .</b>	<b>408</b>
17.1. Uwagi ogólne . . . . .	408
17.2. Metoda stanów granicznych . . . . .	408
17.3. Metoda współczynników częściowych bezpieczeństwa . . . . .	412
17.3.1. Wprowadzenie . . . . .	412
17.3.2. Współczynniki częściowe bezpieczeństwa dla obciążeń . . . . .	412
17.3.3. Współczynniki częściowe bezpieczeństwa dla nośności . . . . .	413
<b>18. Przepisy, normy, instrukcje branżowe . . . . .</b>	<b>415</b>
<b>19. Kierunki rozwoju techniki liniowej . . . . .</b>	<b>417</b>
19.1. Uwagi ogólne . . . . .	417
19.2. Rozwiązania techniczne przewodów wysokotemperaturowych . . . . .	417
19.2.1. Wprowadzenie . . . . .	417
19.2.2. Charakterystyka przewodu ACSS . . . . .	420
19.2.3. Charakterystyka przewodów ACCC . . . . .	421
19.2.4. Charakterystyka przewodu ACCR . . . . .	423
19.2.5. Charakterystyka przewodu TACSR . . . . .	424
19.2.6. Charakterystyka przewodów TACIR . . . . .	426
19.2.7. Charakterystyka przewodów GTACSR . . . . .	426
19.2.8. Charakterystyka przewodu ACFR . . . . .	428
19.2.9. Charakterystyka przewodu TAAAC . . . . .	428
19.2.10. Poprawa zdolności przepustowych przez przekształcenie linii . . . . .	429
19.2.11. Wykorzystanie przewodów HTLS do transformacji linii wysokiego napięcia . . . . .	430
19.2.12. Wady i zalety przewodów nowej generacji . . . . .	433
19.3. Światowe trendy w projektowaniu i budownictwie elektroenergetycznych linii napowietrznych . . . . .	435
19.3.1. Wprowadzenie . . . . .	435
19.3.2. Słupy krajobrazowe . . . . .	436
<b>20. Podsumowanie części 2 . . . . .</b>	<b>474</b>
Literatura do części 2 . . . . .	474

<b>CZEŚĆ 3. ELEKTROENERGETYCZNE LINIE KABLOWE WYSOKICH NAPIĘĆ</b> .....	479
<b>21. Ogólna charakterystyka linii kablowych</b> .....	481
21.1. Uwagi ogólne .....	481
21.2. Zagadnienie obciążalności linii kablowych .....	482
21.2.1. Wprowadzenie .....	482
21.2.2. Obciążalność linii kablowych wysokich napięć .....	482
21.2.3. Straty dodatkowe w kablach .....	485
21.2.4. Kable ułożone w gruncie .....	488
21.2.5. Obliczanie zewnętrznego oporu cieplnego kabli umiejscowionych w powietrzu ..	489
21.2.6. Uwagi końcowe .....	490
<b>22. Wybrane zagadnienia projektowania i budowy linii kablowych</b> .....	491
22.1. Główne czynniki analizowane podczas projektowania linii kablowych .....	491
22.1.1. Uwarunkowania środowiskowe .....	491
22.1.2. Aspekty ekonomiczne budowy układów kablowych wysokich napięć .....	492
22.1.3. Pole magnetyczne wytwarzane przez linię kablową .....	493
22.1.4. Projektowanie linii kablowych .....	493
<b>23. Budowa i rodzaje kabli wysokich napięć</b> .....	497
23.1. Wprowadzenie .....	497
23.2. Rodzaje kabli wysokich napięć .....	497
23.3. Wysokonapięciowe podziemne linie elektroenergetyczne z izolacją gazową .....	500
<b>24. Współczesne wysokonapięciowe kablowe łącza prądu stałego</b> .....	502
24.1. Uwagi ogólne .....	502
24.2. Łącza prądu stałego .....	503
24.2.1. Wprowadzenie .....	503
24.2.2. Podstawowe schematy układów elektrycznych wysokonapięciowych łączy prądu stałego .....	503
24.3. Połączenie stałoprądowe Polska–Szwecja .....	504
24.3.1. Wprowadzenie .....	504
24.3.2. Trasa łącza stałoprądowego Polska–Szwecja .....	505
24.3.3. Charakterystyka łącza .....	506
24.3.4. Schemat połączeń obwodów głównych w łączu SwePol Link .....	506
24.3.5. Kabel główny i kabel powrotny .....	506
24.3.6. Urządzenia przekształtnikowe .....	508
24.3.7. Zasady sterowania pracą łącza .....	510
24.3.8. Zakłócenia pracy łącza .....	512
<b>25. Osprzęt linii kablowych</b> .....	518
<b>26. Montaż i obróbka kabli elektroenergetycznych</b> .....	521
26.1. Uwagi ogólne .....	521
26.1.1. Przedmiot instrukcji .....	521
26.1.2. Przeznaczenie i zakres instrukcji .....	521
26.1.3. Kwalifikacje operatorów obsługi wciągarek .....	521
26.1.4. Wykaz instrukcji, norm i przepisów związanych .....	522
26.1.5. Wytyczne BHP przy montażu kabli .....	522



26.2. Roboty kablowe liniowe . . . . .	523
26.2.1. Prace przygotowawcze . . . . .	523
26.3. Układanie kabli . . . . .	529
26.3.1. Ogólne wytyczne . . . . .	529
26.3.2. Ręczne ciągnięcie kabla . . . . .	529
26.3.3. Temperatura w czasie układania i ogrzewania kabla . . . . .	530
26.3.4. Odwijanie kabla z bębna . . . . .	530
26.3.5. Ręczne układanie kabla . . . . .	532
26.3.6. Układanie kabli w ósemkę . . . . .	534
26.3.7. Zapasy kabli . . . . .	534
26.3.8. Układanie kabli w wykopach . . . . .	536
26.3.9. Układanie kabli w przepustach . . . . .	537
26.4. Montaż linii kablowych za pomocą wciągarki . . . . .	537
26.4.1. Ogólna charakterystyka stosowania urządzeń wciągarkowych . . . . .	537
26.4.2. Ustawienie brygady i stanowiska łączności . . . . .	538
26.4.3. Robocze ustawienie wciągarki i jej kotwienie . . . . .	539
26.4.4. Ustawienie podnośników i bębnow z kablami . . . . .	539
26.4.5. Linki wstępne . . . . .	539
26.4.6. Przygotowanie do rozwijania kabla . . . . .	540
26.5. Wskazówki wykonawcze . . . . .	540
26.5.1. Czyszczenie i sprawdzanie drożności przepustu . . . . .	540
26.5.2. Przeciąganie liny przez przepust . . . . .	540
26.5.3. Rozprowadzanie materiału poślizgowego wewnątrz przepustu . . . . .	540
26.5.4. Pokrywanie materiałem poślizgowym powierzchni kabla . . . . .	541
26.5.5. Dobór i nałożenie pończochy kablowej . . . . .	541
26.5.6. Dobór i nakładanie głowicy ciągnącej . . . . .	541
26.5.7. Kierunek i prędkość mechanicznego ciągnięcia kabla . . . . .	541
26.5.8. Nagrzewanie i pomiar temperatury kabla . . . . .	542
26.6. Obliczanie parametrów technicznych . . . . .	542
26.6.1. Obliczanie oczekiwanej wartości siły uciągu kabla . . . . .	542
26.6.2. Trasa układanego kabla . . . . .	542
26.6.3. Długość i masa układanego kabla . . . . .	543
26.6.4. Wartości współczynnika tarcia . . . . .	544
26.6.5. Wartość siły tarcia . . . . .	545
26.6.6. Obliczanie oczekiwanej siły docisku kabla na jedną rolkę na załomach wykopu . . . . .	546
26.6.7. Przykład obliczeniowy . . . . .	547
26.7. Operacja rozwijania kabla . . . . .	549
26.7.1. Podstawowe warunki rozwijania kabla . . . . .	549
26.7.2. Wprowadzanie kabla do rury . . . . .	549
26.7.3. Nastawianie siły naciągu na wciągarkę . . . . .	549
26.7.4. Oprzyrządowanie . . . . .	550
26.7.5. Ręczne ciągnięcie kabla . . . . .	550
26.7.6. Zabezpieczanie izolacji przed zawilgoceniem, odcinanie końca kabla i łączenie kabli jednożyłowych w wiązki . . . . .	551
26.8. Remont linii kablowej . . . . .	552
26.8.1. Podstawowe wytyczne . . . . .	552
26.8.2. Materiały do napraw . . . . .	554
26.8.3. Usuwanie uszkodzeń zakończeń linii kablowych . . . . .	554

26.8.4. Usuwanie uszkodzeń muf . . . . .	555
26.8.5. Usuwanie uszkodzeń kabli . . . . .	555
26.8.6. Zasady dokumentowania zakłóceń . . . . .	555
26.9. Montaż kabli w stacjach elektroenergetycznych i innych obiektach . . . . .	556
26.9.1. Organizacja robót, skład brygady, narzędzia . . . . .	556
26.9.2. Technologia robót . . . . .	556
26.10. Montaż osprzętu kablowego . . . . .	559
26.10.1. Obróbka zakończeń kabli . . . . .	559
26.10.2. Montaż muf . . . . .	559
26.11. Prace wykończeniowe . . . . .	561
26.11.1. Uziemianie kabli . . . . .	561
26.11.2. Zabezpieczenie kabli przed korozją . . . . .	561
26.11.3. Oznaczanie kabli . . . . .	561
26.11.4. Ochrona przeciwpożarowa tras kablowych na stacjach elektroenergetycznych . . . . .	562
26.11.5. Utylizacja kabli . . . . .	564
26.11.6. Uporządkowanie terenu stacji . . . . .	564
26.11.7. Badania odbiorcze . . . . .	564
<b>27. Kierunki rozwoju techniki kablowej . . . . .</b>	<b>566</b>
<b>28. Podsumowanie części 3 . . . . .</b>	<b>568</b>
Literatura do części 3 . . . . .	568
 <b>CZĘŚĆ 4. STACJE ELEKTROENERGETYCZNE WYSOKICH NAPIĘĆ . . . . .</b>	 <b>571</b>
<b>29. Ogólna charakterystyka stacji elektroenergetycznych wysokich napięć . . . . .</b>	<b>573</b>
29.1. Uwagi ogólne . . . . .	573
29.2. Rola i zadania stacji w systemie elektroenergetycznym . . . . .	573
29.3. Układy połączeń stacji elektroenergetycznych . . . . .	575
29.3.1. Wprowadzenie . . . . .	575
29.3.2. Schematy rozdzielni stacji elektroenergetycznych najwyższych napięć . . . . .	575
29.3.3. Przykładowe stacje najwyższych napięć prądu przemiennego . . . . .	579
<b>30. Wybrane zagadnienia projektowania i budowy stacji elektroenergetycznych . . . . .</b>	<b>585</b>
30.1. Uwagi ogólne . . . . .	585
30.2. Krajowy System Elektroenergetyczny – Specyfikacja . . . . .	586
30.2.1. Warunki systemowe . . . . .	586
30.2.2. Czasy likwidacji zakłóceń i wyłączenia 1- i 3-fazowe . . . . .	587
30.2.3. Wymagania w zakresie ochrony środowiska . . . . .	587
30.2.4. Transformatory i autotransformatory . . . . .	588
30.2.5. Układy i urządzenia elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej . . . . .	588
30.3. Stacje elektroenergetyczne najwyższych napięć – Specyfikacja . . . . .	588
30.3.1. Wprowadzenie . . . . .	588
30.3.2. Charakterystyka stacji . . . . .	589
30.3.3. Dobór schematu głównego . . . . .	589
30.3.4. Zasilanie potrzeb własnych . . . . .	590
30.4. Urządzenia i aparatura wysokiego napięcia – Specyfikacja . . . . .	590

30.4.1. Wprowadzenie . . . . .	590
30.4.2. Wymagania środowiskowe . . . . .	591
30.4.3. Wyłączniki . . . . .	592
30.4.4. Odłączniki i uziemniki . . . . .	592
30.4.5. Przekładniki . . . . .	592
30.4.6. Ograniczniki przepięć . . . . .	593
30.4.7. Urządzenia z izolacją gazową . . . . .	593
30.5. Fundamenty, uziemienia, drogi wewnętrzne, ochrona stacji elektroenergetycznej . . . . .	594
30.5.1. Wprowadzenie . . . . .	594
30.5.2. Wykonawstwo mis olejowych i fundamentów pod transformatory . . . . .	595
30.5.3. Montaż uziemień stacji elektroenergetycznych napowietrznych . . . . .	595
30.5.4. Montaż uziemień rozdzielni wewnętrznych . . . . .	597
30.5.5. Remont uziemień na czynnych stacjach energetycznych . . . . .	598
30.5.6. Wykonawstwo dróg i placów . . . . .	599
30.5.7. Ogrodzenia, bramy, słupki . . . . .	600
30.6. Zalecenia końcowe . . . . .	600
<b>31. Układy stacji elektroenergetycznych . . . . .</b>	<b>601</b>
31.1. Uwagi ogólne . . . . .	601
31.2. Typowe rozwiązania pól rozdzielczych . . . . .	601
31.2.1. Wprowadzenie . . . . .	601
31.2.2. Pola liniowe . . . . .	602
31.2.3. Pola transformatorowe i autotransformatorowe . . . . .	602
31.2.4. Pola łącznika szyn . . . . .	603
31.3. Szynowe układy połączeń stacji elektroenergetycznych . . . . .	604
31.3.1. Wprowadzenie . . . . .	604
31.3.2. Układy z pojedynczym systemem szyn zbiorczych . . . . .	604
31.3.3. Układy z podwójnym systemem szyn zbiorczych . . . . .	605
31.3.4. Układy z potrójnym systemem szyn zbiorczych . . . . .	607
31.3.5. Układy wielowyłącznikowe . . . . .	607
31.4. Bezszynowe układy połączeń stacji . . . . .	608
31.4.1. Wprowadzenie . . . . .	608
31.4.2. Układy blokowe . . . . .	608
31.4.3. Układy mostkowe . . . . .	609
31.4.4. Układy wielobokowe . . . . .	610
31.5. Stacje najwyższych i wysokich napięć w izolacji powietrznej . . . . .	611
31.6. Konstrukcje wyłączników najwyższych i wysokich napięć . . . . .	614
31.7. Konstrukcje odłączników najwyższych i wysokich napięć . . . . .	616
31.8. Przykłady nowoczesnych układów stacji wysokich napięć . . . . .	616
31.8.1. Układ modułowy z wyłącznikami obrotowymi . . . . .	616
31.8.2. Układ mostkowy H z jedną linią zasilającą . . . . .	618
31.8.3. Układ pierścieniowy . . . . .	619
31.8.4. Układ stacji jednopolowej blokowej linia–transformator z wyłącznikami wysuwanymi . . . . .	620
31.8.5. Stacja trypolowa z wyłącznikiem wysuwanym . . . . .	621
31.8.6. Układ mostkowy H4 w wersji bez łącznika w poprzeczce, układ mostkowy H5 . . . . .	622
31.8.7. Układy zintegrowane . . . . .	624
31.8.8. Nowoczesne układy kompaktowe stacji elektroenergetycznych . . . . .	628

<b>32. Montaż i ustawianie konstrukcji wsporczych, aparatury i urządzeń na stacjach . . . . .</b>	<b>632</b>
32.1. Uwagi ogólne . . . . .	632
32.1.1. Przedmiot, zakres instrukcji i przeznaczenie instrukcji . . . . .	632
32.1.2. Podstawowe normy i przepisy związane . . . . .	632
32.1.3. Działania zabezpieczające . . . . .	634
32.2. Wytyczne bezpieczeństwa i higieny pracy . . . . .	635
32.3. Montaż konstrukcji wsporczych . . . . .	636
32.3.1. Konstrukcje pod aparaturę . . . . .	636
32.3.2. Konstrukcje wysokie . . . . .	637
32.3.3. Ogólna charakterystyka robót . . . . .	641
32.3.4. Skład i wyposażenie brygady montażu konstrukcji wsporczych . . . . .	642
32.3.5. Opis techniczny robót . . . . .	646
32.4. Montaż aparatury i urządzeń stacyjnych . . . . .	677
32.4.1. Uwagi ogólne . . . . .	677
32.4.2. Skład i wyposażenie brygady montażu aparatury i urządzeń stacyjnych . . . . .	682
32.4.3. Ustawianie i montaż aparatury i urządzeń . . . . .	686
32.4.4. Montaż wyłączników . . . . .	693
32.4.5. Regulacja i próby działania aparatury . . . . .	707
32.4.6. Odbiór techniczny prac montażowych . . . . .	708
32.4.7. Zalecenia końcowe . . . . .	708
<b>33. Oszynowanie elektroenergetycznych stacji wysokich napięć . . . . .</b>	<b>710</b>
33.1. Wstęp . . . . .	710
33.1.1. Przedmiot, przeznaczenie i zakres instrukcji . . . . .	710
33.1.2. Normy, przepisy związane i instrukcje branżowe . . . . .	710
33.1.3. Działania zabezpieczające, zagrożenie pożarowe i środowiskowe . . . . .	711
33.1.4. Ogólne wytyczne bezpieczeństwa i higieny pracy . . . . .	712
33.2. Montaż oszynowania stacji przewodami linkowymi . . . . .	712
33.2.1. Skład, wyposażenie brygady montażowej i warunki przystąpienia do montażu oszynowania . . . . .	712
33.2.2. Kolejność montażu oszynowania rozdzielni . . . . .	714
33.2.3. Montaż oszynowania zawieszzonego na łańcuchach izolatorowych odciągowych . . . . .	716
33.3. Montaż oszynowania stacji przewodami rurowymi . . . . .	730
33.3.1. Uwagi ogólne, skład i wyposażenie brygady montażowej . . . . .	730
33.3.2. Podstawowe parametry techniczne przewodów rurowych i osprzętu . . . . .	732
33.3.3. Transport i składowanie rur oraz osprzętu . . . . .	734
33.3.4. Warunki rozpoczęcia montażu . . . . .	735
33.3.5. Szczegółowy opis prac montażowych . . . . .	735
33.3.6. Spawanie przewodów rurowych . . . . .	741
33.3.7. Zalecenia końcowe . . . . .	744
33.4. Odbiór techniczny prac montażowych . . . . .	744
<b>34. Montaż światłowodów na stacjach elektroenergetycznych . . . . .</b>	<b>746</b>
34.1. Wstęp . . . . .	746
34.1.1. Przedmiot, przeznaczenie i zakres instrukcji . . . . .	746
34.1.2. Normy, przepisy związane, instrukcje branżowe . . . . .	746
34.1.3. Skład i wyposażenie brygad, wytyczne bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrona środowiska . . . . .	747

34.2. Prowadzenie przewodów światłowodowych po bramkach stacyjnych . . . . .	748
34.2.1. Prowadzenie przewodów po bramkach . . . . .	748
34.2.2. Zapasy przewodów i montaż skrzynek połączeniowych . . . . .	750
34.3. Układanie przewodów światłowodowych po terenie stacji . . . . .	752
34.3.1. Układanie przewodów, budowa kanalizacji pierwotnej i wtórnej . . . . .	752
34.3.2. Montaż skrzynek i wykonywanie połączeń skrzynka zapasu kabla–skrzynka połączeniowa . . . . .	754
34.3.3. Określanie siły uciągu kabla . . . . .	755
34.3.4. Zaciąganie kabla . . . . .	757
34.3.5. Zapasy i oznaczanie kabla . . . . .	758
34.4. Montaż przełącznic światłowodowych . . . . .	759
34.5. Zarabianie przewodów i kabli światłowodowych . . . . .	760
34.5.1. Wprowadzanie przewodów i kabli do skrzynek połączeniowych . . . . .	760
34.5.2. Wprowadzanie kabli do przełącznic . . . . .	760
34.5.3. Obrabianie kabla światłowodowego . . . . .	761
34.5.4. Układanie tub i segmentów optycznych w skrzynkach i mufach . . . . .	761
34.5.5. Przygotowanie pigtaili . . . . .	762
34.5.6. Układanie włókien na kasetach spawalniczych . . . . .	763
34.6. Spawanie włókien światłowodowych . . . . .	763
34.7. Zamykanie skrzynek lub przełącznicy . . . . .	764
34.8. Pomiar włókien światłowodowych . . . . .	764
<b>35. Obwody wtórne w urządzeniach elektroenergetycznych . . . . .</b>	<b>766</b>
35.1. Wstęp . . . . .	766
35.1.1. Przedmiot, przeznaczenie i zakres instrukcji . . . . .	766
35.1.2. Normy, przepisy związane i instrukcje branżowe . . . . .	766
35.1.3. Skład, wyposażenie brygady i bezpieczeństwo i higiena pracy przy montażu . . . . .	767
35.2. Identyfikacja zacisków aparatury i przewodów . . . . .	770
35.2.1. Oznaczanie przewodów elektrycznych barwami lub cyframi . . . . .	770
35.2.2. Oznaczanie identyfikacyjne zacisków urządzeń oraz zasady alfanumeryczne . . . . .	772
35.3. Montaż aparatury stacyjnej . . . . .	774
35.3.1. Prace przygotowawcze . . . . .	774
35.3.2. Technologia montażu aparatury i osprzętu na tablicach i w szafkach . . . . .	775
35.3.3. Montaż aparatury podstawowej, pomocniczej i osprzętu . . . . .	776
35.3.4. Montaż listew zaciskowych . . . . .	777
35.4. Montaż szaf typu Combiflex . . . . .	779
35.4.1. Modułowa identyfikacja systemu . . . . .	779
35.4.2. Technologia montażu . . . . .	782
35.4.3. Montaż aparatury i osprzętu poza szafami i tablicami . . . . .	782
35.4.4. Układanie przewodów i podłączanie do zacisków listew i aparatów . . . . .	783
35.4.5. Układanie rurek instalacyjnych . . . . .	790
35.5. Montaż oprzewodowanych szaf i tablic . . . . .	792
35.5.1. Transport i składowanie . . . . .	792
35.5.2. Montaż szafek kablowych . . . . .	792
35.5.3. Montaż szaf i tablic przekaźnikowych, sterowniczych, licznikowych . . . . .	792
35.5.4. Liczniki pomiaru energii elektrycznej . . . . .	793
35.6. Montaż aparatury systemu sterowania i nadzoru stacji . . . . .	793

35.7. Prace wykończeniowe . . . . .	794
35.7.1. Uziemienie elementów obwodów wtórnych . . . . .	794
35.7.2. Malowanie . . . . .	795
35.7.3. Tabliczki identyfikacyjne . . . . .	795
35.7.4. Opisy i oznaczenia obwodów oraz aparatury . . . . .	798
35.8. Pomontażowe badania odbiorcze . . . . .	804
35.8.1. Postanowienia ogólne, warunki przystąpienia do badań i prowadzenia pomiarów . . . . .	804
35.8.2. Prowadzenie badań w czasie ruchu próbnego lub eksploatacji wstępnej . . . . .	804
35.8.3. Przyrządy pomiarowe, zakres badań dodatkowych, metody badań . . . . .	804
35.8.4. Pomontażowe badania i odbiory . . . . .	805
35.9. Kompletowanie dokumentacji powykonawczej . . . . .	807
<b>36. Rozwój techniki stacyjnej . . . . .</b>	<b>808</b>
36.1. Wprowadzenie . . . . .	808
36.2. Determinanty rozwoju techniki stacyjnej . . . . .	808
36.2.1. Niezawodność ruchowa . . . . .	808
36.2.2. Racjonalizacja kosztów . . . . .	809
36.2.3. Monitoring eksploatacji stacji . . . . .	809
36.2.4. Kompaktowość rozwiązań technicznych . . . . .	810
36.3. Kierunki rozwoju w budownictwie stacji elektroenergetycznych . . . . .	810
36.3.1. Zmniejszanie powierzchni zajmowanej przez rozdzielnię napowietrzną . . . . .	810
36.3.2. Wyłączniki izolacyjne . . . . .	811
36.3.3. Kompaktowe pola rozdzielcze w izolacji powietrznej . . . . .	812
36.4. Moduły mieszane . . . . .	815
36.5. Rozdzielnice GIS w wykonaniu zewnętrznym . . . . .	817
36.6. Rozdzielnice okapturzone GIS . . . . .	819
36.7. Zastępowanie sześćfluorku siarki . . . . .	822
36.8. Wyłączniki wysokonapięciowe z CO <sub>2</sub> . . . . .	822
36.9. Próżniowe wyłączniki wysokiego napięcia . . . . .	822
36.10. Rozdzielnice GIS pozbawione SF <sub>6</sub> . . . . .	824
36.11. Elementy nowoczesnych systemów monitoringu i sterowania . . . . .	824
36.12. Przekładniki niekonwencjonalne . . . . .	825
36.13. Nowoczesne przekaźniki zabezpieczeniowe i sterujące . . . . .	826
36.14. Urządzenia monitorujące . . . . .	826
<b>37. Podsumowanie części 4 . . . . .</b>	<b>828</b>
Literatura do części 4 . . . . .	828
<b>CZĘŚĆ 5. RACHUNEK EKONOMICZNY BUDOWY INFRASTRUKTURY ELEKTROENERGETYCZNEJ . . . . .</b>	<b>833</b>
<b>38. Koszty budowy infrastruktury elektroenergetycznej . . . . .</b>	<b>835</b>
38.1. Uwagi ogólne . . . . .	835
38.2. Techniczne i pozatechniczne koszty budowy infrastruktury . . . . .	835
38.2.1. Wprowadzenie . . . . .	835
38.2.2. Faza opracowania i zatwierdzenia koncepcji . . . . .	835
38.2.3. Faza opracowania projektu technicznego i uzyskania pozwolenia na budowę . . . . .	836
38.2.4. Faza wykonawstwa . . . . .	837

---

38.2.5. Elementy składowe całkowitego kosztu budowy . . . . .	838
38.2.6. Wyznaczenie współczynników charakteryzujących koszty budowy linii elektroenergetycznych . . . . .	842
38.3. Metodyka szacowania kosztów budowy infrastruktury elektroenergetycznej . . . . .	853
38.3.1. Wprowadzenie . . . . .	853
38.3.2. Zgrubne szacowanie kosztów budowy infrastruktury elektroenergetycznej . . . . .	853
38.3.3. Ocena kosztu cyklu życia . . . . .	856
<b>39. Wybrane metody oceny efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych . . . . .</b>	<b>864</b>
39.1. Uwagi ogólne . . . . .	864
39.2. Metody oceny efektywności . . . . .	864
39.2.1. Wprowadzenie . . . . .	864
39.2.2. Dynamiczne metody oceny . . . . .	866
39.2.3. Wybrane metody oceny efektywności inwestycji . . . . .	870
39.3. Podsumowanie . . . . .	872
Literatura do części 5 . . . . .	873
<b>40. Zakończenie . . . . .</b>	<b>875</b>
<b>SKOROWIDZ RZECZOWY . . . . .</b>	<b>876</b>