

Przedmowa .....	13
1. WYMAGANIA STAWIANE APARATOM ELEKTRYCZNYM I ROZDZIELNICOM I ICH FUNKCJE .....	15
1.1. Aparaty elektryczne i rozdzielnice w układach wytwarzania, przesyłu i rozdziału energii elektrycznej .....	15
1.2. Funkcje i parametry znamionowe urządzeń elektroenergetycznych .....	21
1.3. Normalizacja w dziedzinie urządzeń elektroenergetycznych .....	25
1.4. Zużycie i starzenie urządzeń elektroenergetycznych .....	27
1.5. Urządzenia elektroenergetyczne w kontekście zarządzania zasobami .....	28
Literatura .....	31
2. RYS HISTORYCZNY ROZWOJU URZĄDZEŃ ROZDZIELCZYCH NA TLE DZIEJÓW ELEKTROENERGETYKI NA ŚWIECIE I W POLSCE .....	33
2.1. Ku praktycznemu wykorzystaniu wiedzy o elektryczności .....	33
2.1.1. Pionierski okres elektroenergetyki – od lat 80. XIX wieku do roku 1914 .....	34
2.1.2. Czasy elektryfikacji – okres od 1915 do 1950 roku .....	48
2.1.3. W służbie światowej elektroenergetyki – druga połowa XX i początek XXI wieku .....	54
Kalendarium powstawania i ewolucji RIRM produkujących aparaturę rozdzielczą .....	60
2.2. Rozwój elektroenergetyki i przemysłu aparatury rozdzielczej na ziemiach Polski .....	69
2.2.1. Pod zaborami – od lat 80. XIX wieku do roku 1914 .....	69
2.2.2. W niepodległej Polsce – lata 1918–1939 .....	74
2.2.3. W warunkach gospodarki socjalistycznej – lata 1944–1989 .....	92
2.2.4. W warunkach gospodarki wolnorynkowej – lata 1990–2012 .....	115
Literatura .....	121
3. BUDOWA I WŁAŚCIWOŚCI APARATÓW ELEKTRYCZNYCH I ROZDZIELNIC WN I SN .....	123
3.1. Napowietrzne aparaty elektryczne wysokich napięć .....	123
3.1.1. Wyłączniki WN .....	125
3.1.1.1. Zastosowanie .....	125
3.1.1.2. Budowa współczesnych wysokonapięciowych wyłączników z SF <sub>6</sub> .....	126

3.1.1.3.	Komory gaszeniowe współczesnych wyłączników z SF <sub>6</sub> – budowa, zasada działania .....	128
3.1.1.4.	Wyłączniki próżniowe WN .....	132
3.1.1.5.	Wyłączniki CO <sub>2</sub> WN .....	134
3.1.1.6.	Napędy wyłączników WN .....	135
3.1.1.7.	Wyłączniki o cechach odłącznikowych (izolacyjne) .....	145
3.1.1.8.	Budowa wyłączników WN wycofanych z produkcji .....	147
3.1.2.	Odłączniki i uziemniki WN .....	153
3.1.2.1.	Zastosowanie .....	154
3.1.2.2.	Budowa odłączników WN .....	155
3.1.2.3.	Napędy odłączników i uziemników WN .....	160
3.1.3.	Rozłączniki WN .....	162
3.1.4.	Przekładniki WN .....	163
3.1.4.1.	Przekładniki prądowe WN .....	164
3.1.4.2.	Przekładniki napięciowe indukcyjne .....	168
3.1.4.3.	Przekładniki napięciowe pojemnościowe .....	170
3.1.4.4.	Przekładniki kombinowane (prądowo-napięciowe) .....	172
3.1.4.5.	Izolacja i obudowy przekładników WN .....	173
3.1.4.6.	Elektroniczne przekładniki niekonwencjonalne .....	176
3.1.5.	Ograniczniki przepięć WN .....	184
3.2.	Budowa kompaktowych rozdzielni napowietrznych WN .....	189
3.2.1.	Budowa modułów kompaktowych z klasycznymi aparatami napo- wietrznymi WN .....	189
3.2.2.	Budowa zintegrowanych, hybrydowych napowietrznych modułów kompaktowych z izolacji gazową (SF <sub>6</sub> ) .....	194
3.2.3.	Budowa przewoźnych stacji WN z klasycznymi aparatami napo- wietrznymi .....	196
3.3.	Wysokonapięciowe rozdzielnice z izolacją SF <sub>6</sub> (GIS) .....	197
3.3.1.	Budowa rozdzielnic z izolacją gazową SF <sub>6</sub> (GIS) .....	198
3.3.2.	Oslony i układy izolacyjne rozdzielnic GIS WN .....	202
3.3.3.	Moduły i aparaty rozdzielnic GIS WN .....	204
3.3.4.	Zagadnienia monitoringu wyładowań niezupełnych w rozdzielni- cach GIS WN .....	210
3.4.	Aparaty elektryczne średnich napięć .....	213
3.4.1.	Wyłączniki SN .....	214
3.4.1.1.	Wyłączniki próżniowe SN .....	214
3.4.1.2.	Wyłączniki z SF <sub>6</sub> SN .....	221
3.4.1.3.	Nieprodukowane wyłączniki SN .....	223
3.4.2.	Aparaty o cechach rozłącznika .....	223
3.4.2.1.	Rozłączniki powietrzne SN .....	224
3.4.2.2.	Trójpołożeniowe rozłączniko-uziemniki z SF <sub>6</sub> SN .....	226
3.4.2.3.	Styczniki próżniowe SN .....	228
3.4.3.	Bezpieczniki SN .....	229
3.4.4.	Odłączniki i uziemniki SN .....	230
3.4.5.	Przekładniki wewnętrzne SN .....	232
3.4.5.1.	Przekładniki prądowe SN .....	234
3.4.5.2.	Przekładniki napięciowe SN .....	235
3.4.5.3.	Przekładniki elektroniczne SN .....	236
3.4.6.	Ograniczniki przepięć SN .....	237

3.5.	Rozdzielnice SN w osłonach metalowych .....	238
3.5.1.	Klasyfikacja rozdzielnic SN w osłonie metalowej na podstawie dostępności jej przedziałów, ciągłości działania i rodzaju przegród .....	239
3.5.2.	Łukoodporność rozdzielnic SN w osłonach metalowych .....	241
3.5.3.	Rozdzielnice SN w izolacji powietrznej .....	245
3.5.4.	Rozdzielnice SN z izolacją SF <sub>6</sub> .....	259
3.5.5.	Rozdzielnice SN z izolacją suchego powietrza – DAIS .....	264
3.5.6.	Rozdzielnice SN w izolacji stałej – SIS .....	267
3.5.7.	Rozdzielnice SN w izolacji olejowej .....	268
3.6.	Napowietrzne urządzenia rozdzielcze średnich napięć .....	269
3.6.1.	Napowietrzne aparaty stacyjne SN .....	269
3.6.2.	Łączniki napowietrzne do systemu automatyzacji sieci SN .....	271
3.6.3.	Stacje słupowe SN/nn .....	274
3.6.4.	Stacje kontenerowe SN/SN i SN/nn .....	275
3.7.	Wielkopiędne urządzenia SN .....	280
3.7.1.	Wyłączniki generatorowe .....	281
3.7.2.	Przewody szynowe wielkopiędne .....	285
	Literatura .....	288
4.	PODSTAWY PROJEKTOWANIA I DOBORU APARATÓW ELEKTRYCZNYCH I ROZDZIELNIC (AER) .....	291
4.1.	Obciążenia i narażenia środowiskowe i klimatyczne AER .....	291
4.1.1.	Obciążenia i narażenia klimatyczne .....	291
4.1.2.	Problematyka kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) .....	294
4.2.	Obciążenia i narażenia napięciowe izolacji urządzeń elektroenergetycznych .....	301
4.2.1.	Wprowadzenie .....	301
4.2.2.	Koordinacja izolacji urządzeń elektroenergetycznych .....	304
4.2.3.	Uziemienia w urządzeniach elektroenergetycznych .....	313
4.3.	Obciążenia i narażenia prądowe AER .....	315
4.3.1.	Temperatura otoczenia i dopuszczalne przyrosty temperatury .....	315
4.3.2.	Prądy zwarciovowe i ich ograniczanie .....	318
4.3.2.1.	Wprowadzenie .....	318
4.3.2.2.	Przebiegi czasowe prądów zwarciovowych .....	320
4.3.2.3.	Ograniczanie prądów zwarciovowych .....	326
4.3.3.	Obciążalność prądowa ciągła i zwarciovowa torów prądowych .....	330
4.3.4.	Oddziaływania elektrodynamiczne .....	350
4.3.4.1.	Wprowadzenie .....	350
4.3.4.2.	Oddziaływania elektrodynamiczne na prostoliniowe tory prądowe .....	354
4.3.4.3.	Wpływ kształtu przekroju przewodów na wartości oddziaływań elektrodynamicznych .....	359
4.3.4.4.	Oddziaływania elektrodynamiczne między przewodem a elementem ferromagnetycznym .....	361
4.3.4.5.	Oddziaływanie elektrodynamiczne na łuk elektryczny zakłócienny .....	362
4.3.4.6.	Oddziaływanie elektrodynamiczne w obwodach prądu przemiennego .....	364

4.4.	Łuk elektryczny łączeniowy i awaryjny .....	374
4.4.1.	Informacje podstawowe .....	374
4.4.2.	Łuk elektryczny w środowisku gazowym .....	379
4.4.3.	Łuk elektryczny w próżni .....	384
4.4.4.	Łuk elektryczny zakłóceniuowy i ograniczanie jego następstw .....	391
4.4.4.1.	Parametry łuku zakłóceniuowego .....	391
4.4.4.2.	Erozja elektrod i perforacja osłon .....	395
4.4.4.3.	Przyrosty ciśnienia .....	396
4.4.4.4.	Produkty degradacji materiałów pod wpływem łuku i ich właściwości .....	398
4.4.4.5.	Łukoodporność rozdzielnic osłoniętych .....	400
4.4.5.	Gaszenie łuku elektrycznego prądu przemiennego .....	401
4.4.5.1.	Istota procesu wyłączania łukowego .....	401
4.4.5.2.	Podstawy fizyczne budowy układów gaszeniowych wyłączników wysokonapięciowych .....	406
4.5.	Komutacja prądów w układach elektroenergetycznych .....	410
4.5.1.	Komutacja łukowa – elektromechaniczna w porównaniu z energoelektroniczną .....	410
4.5.1.1.	Wprowadzenie .....	410
4.5.1.2.	Półprzewodnikowe elementy energoelektroniczne .....	414
4.5.2.	Zestyki, ich rezystancja i nagrzewanie .....	423
4.5.2.1.	Klasyfikacja i przykłady konstrukcji zestyków .....	423
4.5.2.2.	Rezystancja zestykowa i jej wyznaczanie .....	426
4.5.2.3.	Nagrzanie zestyków .....	430
4.5.3.	Elementy mechaniki łączników mechanizmowych zestykowych .....	434
4.5.3.1.	Wprowadzenie .....	434
4.5.3.2.	Przegląd charakterystyk dynamicznych ruchu styków łączników .....	439
4.5.3.3.	Wyznaczanie przebiegu ruchu styków łączników .....	445
4.5.4.	Napędy łączników elektroenergetycznych i ich siłowniki .....	452
4.5.4.1.	Przegląd rodzajów napędów .....	452
4.5.4.2.	Siłowniki napędów, z wyróżnieniem siłowników sprężynowych .....	455
4.5.5.	Łukowe procesy łączeniowe .....	462
4.5.5.1.	Wprowadzenie .....	462
4.5.5.2.	Łączenie prądów indukcyjnych .....	463
4.5.5.3.	Pojemności w sieciach elektroenergetycznych .....	480
4.5.5.4.	Łączenie prądów pojemnościowych .....	485
4.5.5.5.	Łączenia synchronizowane .....	495
4.5.5.6.	Szczególne właściwości łączeniowe łączników z SF <sub>6</sub> i próżniowych na tle rozwoju technik gaszeniowych .....	500
	Literatura .....	502

5.	BADANIA I DIAGNOZOWANIE STANU APARATÓW ELEKTRYCZNYCH I ROZDZIELNIC .....	506
5.1.	Wiadomości ogólne .....	506
5.2.	Badania i próby napięciowe .....	508

5.3. Diagnostowanie stanu torów prądowych i zestyków, badania i próby prądowe .....	509
5.3.1. Wprowadzenie .....	509
5.3.2. Badania i próby prądowe urządzeń elektroenergetycznych .....	510
5.4. Badania i próby łączeniowe .....	514
5.4.1. Wprowadzenie .....	514
5.4.2. Zwarcionnie maszynowe i sieciowe .....	515
5.4.3. Układy specjalne do badań podstawowych i konstruktorskich .....	515
5.3.4. Układy syntetyczne do prób łączeniowych .....	518
5.5. Badania i próby elektromechaniczne i środowiskowe .....	520
5.6. Badania wyłączników wysokonapięciowych w kontekście ich niezawodności .....	521
Literatura .....	525
<b>6. EKSPLOATACJA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH I ROZDZIELNIC .....</b>	<b>527</b>
6.1. Przegląd danych o uszkodzeniach aparatów elektrycznych i rozdzielnic w eksploatacji .....	527
6.2. Niezawodność urządzeń elektroenergetycznych i diagnostowanie ich stanu .....	529
6.2.1 Wprowadzenie .....	529
6.2.2. Elementy rachunku niezawodności .....	535
6.2.2.1. Analiza niezawodności struktur .....	535
6.2.2.2. Niezawodność struktur jako ich cecha stochastyczna .....	545
6.3. Podejmowanie decyzji eksploatacyjnych na podstawie danych rozproszonych – diagnostycznych i niezawodnościowych .....	550
6.3.1. Opracowywanie danych rozproszonych – statystyka opisowa, siatki funkcyjne, analiza regresji .....	550
6.3.1.1. Uwagi wstępne .....	550
6.3.1.2. Elementy analizy regresji i korelacji .....	553
6.3.1.3. Siatki funkcyjne jako narzędzia wnioskowania statystycznego .....	560
6.3.2. Metody podejmowania decyzji eksploatacyjnych na podstawie danych rozproszonych .....	574
Literatura .....	582
Słownik angielsko-polski .....	585
Spis przykładów obliczeniowych .....	595
Skorowidz rzeczowy .....	596
Skorowidz nazwisk .....	603