

## I. Podstawowe wiadomości dotyczące maszyn elektrycznych

1.1	Rodzaje i klasyfikacja maszyn elektrycznych . . . . .	10
1.2	Rodzaje pracy . . . . .	12
1.3	Temperatura otoczenia i przyrost temperatury . . . . .	15
1.4	Zabezpieczenia przed porażeniem prądem elektrycznym . . . . .	16
1.5	Zakłócenia radioelektryczne . . . . .	18

## II. Maszyny prądu stałego

2.1	Pojęcie i klasyfikacja maszyn prądu stałego . . . . .	20
2.2	Zasada działania maszyny prądu stałego . . . . .	22
2.3	Budowa maszyny prądu stałego . . . . .	28
2.4	Podstawowe wielkości maszyn prądu stałego – tabliczka znamionowa, tabliczka zaciskowa maszyny . . . . .	33
2.5	Uzwojenia maszyn prądu stałego . . . . .	36
2.6	Obwód magnetyczny maszyn prądu stałego . . . . .	39
2.7	Silniki prądu stałego . . . . .	42
2.8	Prądnice prądu stałego . . . . .	46
2.9	Typowe uszkodzenia maszyn elektrycznych prądu stałego . . . . .	50

## III. Transformatory

3.1	Pojęcie i klasyfikacja transformatorów . . . . .	54
3.2	Zasada działania transformatora . . . . .	56
3.3	Podstawowe wielkości charakteryzujące transformatory . . . . .	58
3.4	Budowa transformatora . . . . .	62
3.5	Stany pracy transformatora . . . . .	64
	3.5.1. Stan jałowy transformatora . . . . .	64
	3.5.2. Stan obciążenia transformatora . . . . .	66
	3.5.3. Stan zwarcia transformatora . . . . .	70
	3.5.4. Charakterystyki transformatora . . . . .	72
	3.5.5. Praca równoległa transformatorów . . . . .	75
3.6	Transformatory energetyczne . . . . .	78
3.7	Transformatory specjalne . . . . .	82
	3.7.1. Autotransformator . . . . .	82
	3.7.2. Przekładniki . . . . .	84
	3.7.3. Transformator do zmiany liczby faz . . . . .	86
	3.7.4. Transformator spawalniczy . . . . .	86
	3.7.4.1. Konserwacja elektrycznych spawarek i zgrzewarek . . . . .	87
	3.7.5. Transformatory stosowane w układach elektronicznych i automatyki . . . . .	92
3.8	Typowe uszkodzenia transformatorów . . . . .	93

## IV. Maszyny synchroniczne

4.1	Pojęcie maszyny synchronicznej i klasyfikacja maszyn synchronicznych . . . . .	98
4.2	Budowa maszyny synchronicznej . . . . .	100
4.3	Zasada działania maszyny synchronicznej . . . . .	102
4.4	Praca maszyny synchronicznej . . . . .	103
	4.4.1. Bieg jałowy maszyny synchronicznej . . . . .	103
	4.4.2. Stan zwarcia maszyny synchronicznej . . . . .	104

4.4.3.	Stan obciążenia maszyny synchronicznej – charakterystyka zewnętrzna i regulacyjna maszyny synchronicznej	105
4.4.4.	Podstawowe parametry maszyn synchronicznych	108
4.5	Praca równoległa prądnic synchronicznych	113
4.6	Silnik synchroniczny	116
4.7	Maszyny synchroniczne specjalne	119
4.8	Typowe uszkodzenia maszyn synchronicznych	125

## V. Maszyny indukcyjne

5.1	Pojęcie i klasyfikacja maszyn indukcyjnych	130
5.2	Budowa maszyn indukcyjnych	131
5.3	Zasada działania maszyny indukcyjnej	136
5.4	Podstawowe parametry maszyny indukcyjnej	138
5.4.1.	Parametry maszyn indukcyjnych umieszczane na tabliczkach znamionowych	138
5.4.2.	Zależności stosowane w obliczeniach silników indukcyjnych	139
5.4.3.	Tabliczka zaciskowa	141
5.5	Stany pracy maszyny indukcyjnej	143
5.6	Schemat zastępczy maszyny indukcyjnej	147
5.7	Właściwości maszyny indukcyjnej	149
5.7.1.	Moc i moment elektromagnetyczny maszyny indukcyjnej	149
5.7.2.	Zależność momentu od poślizgu	150
5.7.3.	Bilans mocy czynnej w maszynie indukcyjnej	151
5.8	Praca silnikowa maszyny indukcyjnej	154
5.8.1.	Bieg jałowy silnika	154
5.8.2.	Stan zwarcia silnika indukcyjnego	155
5.8.3.	Stan obciążenia silnika indukcyjnego	155
5.8.4.	Praca silnika indukcyjnego przy zasilaniu jednofazowym	157
5.8.5.	Praca silnika indukcyjnego trójfazowego przy połączeniu w gwiazdę i w trójkąt	158
5.9	Użytkowanie silników indukcyjnych	160
5.9.1.	Rozruch silników indukcyjnych	160
5.9.2.	Hamowanie	163
5.9.3.	Regulacja prędkości obrotowej	165
5.9.4.	Zmiana kierunku wirowania	168
5.10	Typowe uszkodzenia trójfazowych silników indukcyjnych	169
5.11	Typowe uszkodzenia jednofazowych silników indukcyjnych	177

## VI. Maszyny komutatorowe prądu zmiennego

6.1	Jednofazowe silniki komutatorowe szeregowo	184
6.2	Komutacja silników jednofazowych	187
6.3	Straty w silnikach jednofazowych	190
6.4	Praca jednofazowego silnika komutatorowego	192
6.5	Jednofazowe silniki komutatorowe repulsyjne	194
6.6	Trójfazowe maszyny komutatorowe	197
6.7	Komutacja wielofazowych maszyn komutatorowych	204
6.8	Typowe uszkodzenia jednofazowych silników komutatorowych prądu zmiennego	206

## VII. Elektryczne maszynowe elementy automatyki

7.1	Elektryczne maszynowe elementy automatyki	210
-----	---	-----

## VIII. Zasady montażu układów sterowania i zabezpieczeń maszyn elektrycznych

8.1	Układy sterowania maszyn i urządzeń elektrycznych . . . . .	216
8.2	Montaż układów sterowania maszyn i urządzeń elektrycznych . . . . .	238
8.3	Zabezpieczenia maszyn i urządzeń elektrycznych . . . . .	245
8.4	Montaż zabezpieczeń maszyn i urządzeń elektrycznych . . . . .	269
8.5	Narzędzia do montażu maszyn i urządzeń . . . . .	278
8.6	Zasady montażu maszyn i urządzeń elektrycznych . . . . .	283

## IX. Inne urządzenia elektryczne

9.1	Urządzenia elektrotermiczne . . . . .	286
9.2	Konserwacja urządzeń elektrotermicznych . . . . .	291
9.3	Urządzenia do kompensacji mocy biernej . . . . .	296
9.4	Konserwacja baterii kondensatorów do kompensacji mocy biernej . . . . .	302
9.5	Zespoły prądowórcze . . . . .	304
9.6	Konserwacja zespołów prądowórczych . . . . .	315
9.7	Zasilacze bezprzewodowe – UPS . . . . .	317
9.8	Konserwacja układów zasilania gwarantowanego z zasilaczami UPS . . . . .	322
9.9	Akumulatory – baterie stacjonarne . . . . .	323
9.10	Konserwacja urządzeń prostownikowych i akumulatorów . . . . .	331
	9.10.1. Konserwacja i eksploatacja akumulatorów . . . . .	331
	9.10.2. Konserwacja i eksploatacja urządzeń prostownikowych . . . . .	334
9.11	Urządzenia oświetleniowe . . . . .	337
9.12	Konserwacja urządzeń oświetleniowych . . . . .	345
9.13	Elektronarzędzia . . . . .	348
9.14	Konserwacja elektronarzędzi . . . . .	354
9.15	Urządzenia fotowoltaiczne . . . . .	355
9.16	Konserwacja urządzeń fotowoltaicznych . . . . .	359
9.17	Odbiorniki elektryczne gospodarstw domowych . . . . .	361
9.18	Konserwacja odbiorników elektrycznych gospodarstw domowych (sprzętu AGD) . . . . .	369
9.19	Urządzenia energoelektroniczne . . . . .	370
9.20	Konserwacja urządzeń energoelektronicznych . . . . .	374
9.21	Urządzenia przeznaczone do pracy w strefach zagrożonych wybuchem . . . . .	377
9.22	Konserwacja maszyn i urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem . . . . .	386
9.23	Konserwacja urządzeń dźwigowych . . . . .	387
9.24	Przewody i kable elektroenergetyczne . . . . .	394

## X. Organizacja procesu napraw maszyn elektrycznych

10.1	Dokumentacja techniczna maszyn i urządzeń elektrycznych . . . . .	402
10.2	Rodzaje napraw maszyn elektrycznych . . . . .	404
10.3	Przestrzeganie zasad bhp podczas napraw maszyn elektrycznych . . . . .	405
10.4	Części zamienne maszyn elektrycznych . . . . .	407
	10.4.1. Części zamienne do maszyn elektrycznych . . . . .	407
	10.4.2. Części zamienne urządzeń do elektrycznych (elektronarzędzia, AGD) . . . . .	413
10.5	Materiały stosowane podczas napraw maszyn elektrycznych . . . . .	416
	10.5.1. Materiały przewodzące . . . . .	416
	10.5.2. Materiały izolacyjne . . . . .	418
	10.5.3. Materiały pomocnicze . . . . .	424

## XI. Technologia napraw maszyn elektrycznych

<b>11.1</b>	Czynności przygotowawcze . . . . .	426
11.1.1.	Zasady demontażu maszyn . . . . .	426
11.1.2.	Odwzorowanie uzwojenia naprawianej maszyny . . . . .	427
11.1.3.	Usuwanie zniszczonych uzwojeń . . . . .	428
11.1.4.	Zdejmowanie łożysk i przewietrzników . . . . .	429
<b>11.2</b>	Uzwajanie stojanów . . . . .	430
11.2.1.	Wykonywanie uzwojeń skupionych . . . . .	430
11.2.2.	Izolowanie żłobków stojana . . . . .	432
11.2.3.	Wykonywanie uzwojeń rozłożonych . . . . .	432
<b>11.3</b>	Uzwajanie wirników . . . . .	438
11.3.1.	Izolowanie wirników . . . . .	438
11.3.2.	Sposoby układania uzwojeń w żłobkach . . . . .	439
11.3.3.	Sposoby wykonywania uzwojeń . . . . .	445
11.3.4.	Prace wykończeniowe . . . . .	447
11.3.5.	Naprawa uzwojeń klatkowych . . . . .	450
<b>11.4</b>	Impregnowanie uzwojeń . . . . .	453
11.4.1.	Wiadomości ogólne . . . . .	453
11.4.2.	Przygotowanie lakieru . . . . .	455
11.4.3.	Impregnacja próżniowa . . . . .	455
11.4.4.	Impregnacja przez zanurzenie . . . . .	457
11.4.5.	Lakierowanie powierzchniowe . . . . .	458
11.4.6.	Impregnacja uzwojeń wirników żywicami epoksydowymi . . . . .	459
<b>11.5</b>	Obróbka komutatorów . . . . .	461
11.5.1.	Obróbka wstępna . . . . .	461
11.5.2.	Wycięcie izolacji międzywycinkowej . . . . .	462
11.5.3.	Obróbka wykańczająca . . . . .	464
<b>11.6</b>	Wyważanie wirników . . . . .	467
11.6.1.	Przyczyny powstawania niewyważenia i zasady wyważania . . . . .	467
11.6.2.	Kryteria wyważania . . . . .	469
11.6.3.	Sposoby wyważania dynamicznego . . . . .	470
<b>11.7</b>	Szczotkotrzymacze i szczotki . . . . .	471
11.7.1.	Budowa szczotkotrzymaczy . . . . .	471
11.7.2.	Wymiary szczotek i oprawek szczotkowych . . . . .	472
11.7.3.	Rodzaje szczotek i sposób doprowadzenia prądu . . . . .	473
11.7.4.	Zasady doboru szczotek . . . . .	474
11.7.5.	Docisk szczotek do komutatora . . . . .	474
11.7.6.	Docieranie szczotek . . . . .	474
<b>11.8</b>	Kontrola napraw uszkodzonych zespołów . . . . .	476
11.8.1.	Wprowadzenie . . . . .	476
11.8.2.	Wykrywanie zwarcí i przerw w uzwojonym stojanie i wirniku . . . . .	477
11.8.3.	Sposoby wykrywania uszkodzeń wirników klatkowych . . . . .	479
11.8.4.	Wykrywanie zwarcí w komutatorze . . . . .	480
11.8.5.	Wykrywanie zwarcí międzyzwojowych w cewkach . . . . .	481
11.8.6.	Sprawdzanie właściwego połączenia cewek bocznikowych . . . . .	481
11.8.7.	Wykrywanie zwarcí międzyzwojowych przed przyłutowaniem i po przyłutowaniu zezwojów do komutatora . . . . .	481
11.8.8.	Sprawdzanie prawidłowości połączenia zezwojów z komutatorem . . . . .	482
11.8.9.	Połączenie początku pierwszego zezwoju z komutatorem . . . . .	482
11.8.10.	Sprawdzanie rezystancji wirnika . . . . .	483
11.8.11.	Sprawdzanie biegunowości uzwojeń stojana . . . . .	484
11.8.12.	Wykrywanie grup z odwróconymi zezwojami . . . . .	484

11.8.13. Kontrola prawidłowości połączenia początków i końców uzwojeń . . . . .	485
11.8.14. Kontrola połączenia początków i końców uzwojeń dla właściwego kierunku wirowania . . . . .	486
11.8.15. Kontrola rezystancji uzwojeń stojana . . . . .	486
<b>11.9</b> Montaż naprawionych maszyn . . . . .	488

## **XII. Konserwacja, oględziny i pomiary maszyn elektrycznych**

<b>12.1</b> Konserwacja maszyn elektrycznych . . . . .	494
<b>12.2</b> Oględziny maszyn elektrycznych . . . . .	497
<b>12.3</b> Przyrządy i urządzenia kontrolno-pomiarowe . . . . .	500
<b>12.4</b> Dobór układów pomiarowych . . . . .	504
<b>12.5</b> Pomiary elektryczne oraz próby maszyn elektrycznych . . . . .	508
12.5.1. Próba biegu jałowego . . . . .	508
12.5.2. Próba zwarcia . . . . .	509
12.5.3. Próba nagrzewania przy bezpośrednim obciążeniu . . . . .	510
12.5.4. Próba obciążenia . . . . .	511
12.5.5. Próba przeciążalności . . . . .	512
12.5.6. Próba komutacji . . . . .	512
12.5.7. Próba wytrzymałości mechanicznej przy zwiększonej prędkości obrotowej . . . . .	513
12.5.8. Próba odporności na wilgoć . . . . .	513
12.5.9. Pomiary parametrów maszyn i urządzeń elektrycznych . . . . .	513
12.5.9.1. Pomiar rezystancji izolacji uzwojeń . . . . .	513
12.5.9.2. Pomiar prądu upływowego . . . . .	518
12.5.9.3. Pomiar rezystancji uzwojeń . . . . .	519
12.5.9.4. Pomiar prędkości obrotowej . . . . .	521
Załącznik 1 . . . . .	525
Załącznik 2 . . . . .	526
Załącznik 3 . . . . .	528
Załącznik 4 . . . . .	532
Załącznik 5 . . . . .	546
Załącznik 6 . . . . .	547
Załącznik 7 . . . . .	548
Załącznik 8 . . . . .	549
Załącznik 9 . . . . .	553
Załącznik 10 . . . . .	562
Załącznik 11 . . . . .	564
Załącznik 12 . . . . .	565
Literatura . . . . .	566