

Przedmowa	9
1. PODSTAWY ELEKTROTECHNIKI	11
1.1. Prąd stały	11
1.1.1. Obwody prądu stałego	11
1.1.1.1. Podstawowe pojęcia elektrotechniki	11
1.1.1.2. Obwód elektryczny	14
1.1.1.3. Opór (rezystancja) przewodników	18
1.1.1.4. Obliczanie obwodów liniowych	20
1.1.1.5. Moc i praca prądu.	25
1.1.1.6. Zjawiska elektrochemiczne.	26
1.1.2. Pole magnetyczne.	28
1.1.2.1. Indukcja magnetyczna i strumień magnetyczny	28
1.1.2.2. Obwód magnetyczny	31
1.1.2.3. Własności ciał ferromagnetycznych	33
1.1.2.4. Obliczanie obwodów magnetycznych	38
1.1.2.5. Siły elektrodynamiczne.	43
1.1.2.6. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej	45
1.1.2.7. Prądy wirowe	49
1.1.2.8. Zjawisko indukcji własnej (samoindukcji)	50
1.1.2.9. Stany nieustalone w obwodach z indukcyjnością	52
1.1.2.10. Energia pola magnetycznego	55
1.1.2.11. Siła przyciągania elektromagnesu.	56
1.1.3. Pole elektryczne	57
1.1.3.1. Wielkości pola elektrycznego	57
1.1.3.2. Kondensatory	60
1.1.3.3. Stany nieustalone w obwodach z pojemnością. Energia pola elektrycznego	63
1.1.3.4. Wytrzymałość elektryczna materiałów izolacyjnych	67
1.2. Prąd przemienny	68
1.2.1. Prąd przemienny jednofazowy	68
1.2.1.1. Wartość średnia prądu przemiennego	71
1.2.1.2. Wartość skuteczna prądu przemiennego.	73
1.2.1.3. Moc prądu przemiennego.	75
1.2.1.4. Indukcyjność w obwodzie prądu przemiennego	76
1.2.1.5. Pojęcie mocy i energii biernej	80
1.2.1.6. Szeregowe połączenie rezystancji i indukcyjności	82
1.2.1.7. Pojemność w obwodzie prądu przemiennego	88
1.2.1.8. Szeregowe połączenie R , L i C . Rezonans napięć	92
1.2.1.9. Wykresy kołowe	96
1.2.1.10. Obwody rozgałęzione	98
1.2.1.11. Metoda symboliczna	103
1.2.1.12. Kompensacja mocy biernej indukcyjnej.	106
1.2.1.13. Cewka z rdzeniem ferromagnetycznym (dławik) w obwodzie prądu przemiennego	109
1.2.1.14. Zjawisko naskórkowości	114

1.2.2.	Prąd trójfazowy	115
1.2.2.1.	Wytwarzanie prądu trójfazowego	115
1.2.2.2.	Układy trójfazowe skojarzone	118
1.2.2.3.	Moc symetrycznych układów trójfazowych	122
2.	POMIARY ELEKTRYCZNE	125
2.1.	Przyrządy pomiarowe	125
2.1.1.	Mierniki wskazówkowe	125
2.1.1.1.	Mierniki magnetoelektryczne	127
2.1.1.2.	Mierniki elektromagnetyczne	133
2.1.1.3.	Mierniki elektrodynamiczne	136
2.1.1.4.	Mierniki indukcyjne	140
2.1.1.5.	Dokładność mierników elektrycznych	142
2.1.1.6.	Oznaczenia na skalach mierników	144
2.1.2.	Przyrządy rejestrujące	146
2.1.3.	Oscylografy i oscyloskopy	147
2.2.	Metody i układy pomiarowe	149
2.2.1.	Pomiary oporu czynnego (rezystancji)	149
2.2.1.1.	Metoda techniczna	150
2.2.1.2.	Metody mostkowe	152
2.2.1.3.	Pomiary oporu izolacji	154
2.2.1.4.	Pomiary oporu uziemień	155
2.2.2.	Pomiary w obwodach prądu przemiennego	159
2.2.2.1.	Pomiary parametrów L , C , R	159
2.2.2.2.	Pomiary mocy i energii prądu trójfazowego	160
2.2.3.	Pomiary wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi	165
3.	MASZyny I NAPĘDY ELEKTRYCZNE	167
3.1.	Maszyyny prądu stałego	167
3.1.1.	Wiadomości podstawowe	167
3.1.1.1.	Zasada działania maszyyny prądu stałego	167
3.1.1.2.	Uzwojenia tworników	172
3.1.1.3.	Siła elektromotoryczna	178
3.1.1.4.	Oddziaływanie twornika	181
3.1.1.5.	Komutacja i bieguny komutacyjne	183
3.1.1.6.	Budowa maszyn prądu stałego	185
3.1.2.	Prądnice prądu stałego	188
3.1.2.1.	Rodzaje wzbudzenia	188
3.1.2.2.	Prądnica obcowzbudna	188
3.1.2.3.	Warunki samowzbudzenia	191
3.1.2.4.	Prądnica bocznikowa	193
3.1.2.5.	Prądnica szeregową	195
3.1.2.6.	Prądnica szeregowo-bocznikowa	196
3.1.2.7.	Praca równoległa prądnic prądu stałego	198
3.1.3.	Silniki prądu stałego	200
3.1.3.1.	Rozruch silników prądu stałego	204
3.1.3.2.	Silnik bocznikowy	206
3.1.3.3.	Charakterystyki mechaniczne silnika bocznikowego	207
3.1.3.4.	Regulacja prędkości obrotowej silnika bocznikowego	211
3.1.3.5.	Układ Leonarda	213
3.1.3.6.	Hamowanie silnika bocznikowego	217

3.1.3.7.	Silnik szeregowy	219
3.1.3.8.	Silnik szeregowo-bocznikowy	222
3.1.3.9.	Straty i sprawność maszyn prądu stałego	223
3.1.4.	Maszyny specjalne prądu stałego	226
3.1.4.1.	Prądnica spawalnicza Krämera	226
3.1.4.2.	Prądnica spawalnicza Rosenberga	228
3.1.4.3.	Amplidyna	230
3.2.	Transformatory	232
3.2.1.	Transformatory jednofazowe	232
3.2.1.1.	Zasada działania transformatora	232
3.2.1.2.	Stan jałowy transformatora	235
3.2.1.3.	Stan obciążenia transformatora	238
3.2.1.4.	Stan zwarcia transformatora	244
3.2.1.5.	Sprawność transformatora	248
3.2.1.6.	Regulacja napięcia tranformatorów	249
3.2.1.7.	Autotransformatory	250
3.2.1.8.	Transformatory pomiarowe (przekładniki)	251
3.2.2.	Transformatory trójfazowe	253
3.2.2.1.	Układy połączeń transformatorów trójfazowych	253
3.2.2.2.	Praca równoległa transformatorów trójfazowych	258
3.2.2.3.	Budowa transformatorów energetycznych	260
3.3.	Maszyny prądu przemiennego	262
3.3.1.	Maszyny asynchroniczne trójfazowe	262
3.3.1.1.	Pole magnetyczne wirujące	262
3.3.1.2.	Poślizg	269
3.3.1.3.	Budowa maszyn asynchronicznych	273
3.3.1.4.	Wykres wektorowy maszyny asynchronicznej	279
3.3.1.5.	Moc i sprawność maszyny asynchronicznej	283
3.3.1.6.	Moment obrotowy	287
3.3.1.7.	Charakterystyki mechaniczne silników asynchronicznych	292
3.3.1.8.	Charakterystyki robocze silników asynchronicznych	298
3.3.1.9.	Wykres kołowy maszyny asynchronicznej	300
3.3.1.10.	Rozruch silników asynchronicznych	303
3.3.1.11.	Regulacja prędkości obrotowej silników asynchronicznych	310
3.3.1.12.	Hamowanie silników asynchronicznych	321
3.3.1.13.	Trójfazowe silniki asynchroniczne komutatorowe	330
3.3.2.	Małe silniki jednofazowe	331
3.3.2.1.	Jednofazowe silniki klatkowe	331
3.3.2.2.	Silnik uniwersalny	336
3.3.3.	Maszyny synchroniczne	338
3.3.3.1.	Budowa maszyn synchronicznych	339
3.3.3.2.	Wzbudzenie maszyny synchronicznej	343
3.3.3.3.	Oddziaływanie twornika	345
3.3.3.4.	Wykresy wektorowe maszyny synchronicznej	348
3.3.3.5.	Charakterystyki prądnicy synchronicznej	360
3.3.3.6.	Zwarcie prądnicy synchronicznej	352
3.3.3.7.	Synchronizacja	354
3.3.3.8.	Regulacja obciążenia maszyny synchronicznej przyłączonej do sieci	358
3.3.3.9.	Regulacja wzbudzenia maszyny synchronicznej przyłączonej do sieci	362
3.3.3.10.	Silnik synchroniczny	364

3.3.3.11.	Przetwornica jednotwornikowa	369
3.3.3.12.	Straty i sprawność maszyn synchronicznych	370
3.4.	Podstawy napędu elektrycznego.	361
3.4.1.	Dynamika napędu elektrycznego	371
3.4.1.1.	Równanie ruchu napędu	371
3.4.1.2.	Moment obrotowy silników elektrycznych	374
3.4.1.3.	Moment oporowy	375
3.4.1.4.	Obliczanie czasu trwania mechanicznych stanów nieustalonych	377
3.4.1.5.	Wyznaczanie momentu bezwładności układów napędowych	378
3.4.2.	Zasady doboru silników elektrycznych.	382
3.4.2.1.	Nagrzewanie się maszyn elektrycznych	382
3.4.2.2.	Klasyfikacja materiałów izolacyjnych.	385
3.4.2.3.	Rodzaje pracy maszyn elektrycznych	387
3.4.2.4.	Rodzaje budowy maszyn elektrycznych	393
3.4.2.5.	Dobór mocy silników elektrycznych.	396
4.	URZĄDZENIA ELEKTRYCZNE	399
4.1.	Urządzenia wysokiego napięcia	399
4.1.1.	Aparaty wysokiego napięcia	399
4.1.1.1.	Wyłączniki wysokiego napięcia	399
4.1.1.2.	Odlączniki	403
4.1.1.3.	Przekładniki pomiarowe	403
4.1.2.	Stacje transformatorowo-rozdzielcze.	406
4.2.	Urządzenia niskiego napięcia	408
4.2.1.	Aparaty niskiego napięcia	408
4.2.1.1.	Wyłączniki	408
4.2.1.2.	Styczniki elektromagnetyczne	410
4.2.1.3.	Przełączniki	413
4.2.1.4.	Nastawniki	414
4.2.1.5.	Sterowniki	417
4.2.1.6.	Rozdzielnie niskiego napięcia	417
4.2.2.	Zabezpieczenia od zwarc i przeciążeń	418
4.2.2.1.	Bezpieczniki topikowe	419
4.2.2.2.	Zabezpieczenia elektromagnetyczne	423
4.2.2.3.	Zabezpieczenia termiczne	424
4.2.2.4.	Zasady doboru zabezpieczeń	425
4.2.3.	Ochrona od porażeń w urządzeniach elektrycznych	428
4.2.3.1.	Uziemienia ochronne	430
4.2.3.2.	Zerowanie	432
4.2.3.3.	Wyłączniki przeciwporażeniowe	432
5.	PODSTAWY ELEKTRONIKI PRZEMYSŁOWEJ	435
5.1.	Elementy elektroniczne	435
5.1.1.	Elementy elektroniczne próżniowe	435
5.1.1.1.	Dioda	437
5.1.1.2.	Trioda	439
5.1.1.3.	Tetroda	443
5.1.1.4.	Pentoda	444
5.1.1.5.	Lampy promieniowe	445
5.1.2.	Elementy elektroniczne gazowane	447
5.1.2.1.	Lampy jarzeniowe	448

5.1.2.2.	Dioda gazowana (gazotron)	449
5.1.2.3.	Trioda gazowana (tyratron)	450
5.1.2.4.	Lampy z katodą rtęciową	453
5.1.3.	Elementy elektroniczne półprzewodnikowe	455
5.1.3.1.	Diody półprzewodnikowe	458
5.1.3.2.	Tranzystor	464
5.1.3.3.	Tyristor	467
5.1.3.4.	Halotrony, termistory, warystory	470
5.1.3.5.	Elementy piezoelektryczne, elektrostrykcyjne i magnetostrykcyjne	472
5.1.4.	Elementy fotoelektryczne	472
5.1.4.1.	Fotodiody	472
5.1.4.2.	Fotooporniki	476
5.1.4.3.	Fotoogniwa	476
5.2.	Układy elektroniczne	477
5.2.1.	Układy prostownicze	477
5.2.1.1.	Prostowniki niesterowane	477
5.2.1.2.	Prostowniki sterowane	483
5.2.1.3.	Prostowniki fazoczułe	488
5.2.2.	Układy wzmacniające	489
5.2.2.1.	Wzmacniacze lampowe	493
5.2.2.2.	Wzmacniacze tranzystorowe	499
5.2.2.3.	Sprzężenie zwrotne	502
5.2.3.	Układy generacyjne	505
5.2.3.1.	Generatory drgań sinusoidalnych	505
5.2.3.2.	Generatory drgań niesinusoidalnych	509
5.2.4.	Pomiary elektroniczne	511
5.2.4.1.	Woltomierz elektronowy	512
5.2.4.2.	Oscyloskop katodowy	514
5.2.4.3.	Stroboskop błyskowy	518
5.2.4.4.	Pomiary gładkości obrabianych powierzchni	519
5.2.4.5.	Pomiary tensometryczne	521
5.2.4.6.	Pomiary sił, ciężarów i ciśnień	523
5.2.4.7.	Pomiary temperatury	524
5.2.4.8.	Pomiary natężenia oświetlenia	526
5.2.4.9.	Pomiary izotopowe	527
5.2.5.	Elektroniczne układy napędowe	528
5.2.5.1.	Układy napędowe prądu stałego	529
5.2.5.2.	Układy napędowe prądu przemiennego	536
5.2.6.	Grzejnictwo wielkiej częstotliwości	542
5.2.6.1.	Grzejnictwo indukcyjne	543
5.2.6.2.	Grzejnictwo pojemnościowe	545
5.2.7.	Elektroniczne maszyny matematyczne	547
5.2.7.1.	Analogowe maszyny matematyczne	547
5.2.7.2.	Cyfrowe maszyny matematyczne	553
6.	ELEMENTY I UKŁADY AUTOMATYKI ELEKTRYCZNEJ	563
6.1.	Sterowanie automatyczne	563
6.1.1.	Wiadomości podstawowe	563
6.1.1.1.	Sterowanie a regulacja	563
6.1.1.2.	Podział układów sterowania automatycznego	564
6.1.1.3.	Symbole graficzne	565

6.1.2.	Aparatura sterująca	567
6.1.2.1.	Styczniki elektromagnetyczne	567
6.1.2.2.	Przekazniki elektromagnetyczne pośredniczące	569
6.1.2.3.	Przekazniki czasowe (zwłoczne)	571
6.1.2.4.	Przekazniki prędkościowe	574
6.1.2.5.	Łączniki drogowe	575
6.1.2.6.	Przekazniki fotoelektryczne	577
6.1.2.7.	Sprzęgła elektromagnetyczne	578
6.1.2.8.	Wybieraki obrotowe	580
6.1.3.	Układy sterowania stycznikowo-przekaznikowego	580
6.1.3.1.	Sterowanie w funkcji czasu	581
6.1.3.2.	Sterowanie w funkcji prędkości	584
6.1.3.3.	Sterowanie w funkcji drogi	587
6.1.3.4.	Blokada i sygnalizacja	591
6.1.4.	Sterowanie programowe sekwencyjne	596
6.2.	Regulacja automatyczna	600
6.2.1.	Wiadomości podstawowe	600
6.2.1.1.	Regulacja ręczna a automatyczna	600
6.2.1.2.	Człony układów automatycznej regulacji	603
6.2.1.3.	Regulatory	612
6.2.1.4.	Rodzaje układów automatycznej regulacji	614
6.2.1.5.	Dokładność i stabilność UAR	615
6.2.2.	Człony pomiarowe	617
6.2.2.1.	Prądnice tachometryczne	617
6.2.2.2.	Selsyny	620
6.2.2.3.	Czujniki magnetyczne	626
6.2.3.	Człony wzmacniające	627
6.2.3.1.	Wzmacniacze elektromaszynowe	628
6.2.3.2.	Wzmacniacze magnetyczne	633
6.2.4.	Człony wykonawcze	640
6.2.4.1.	Silniki wykonawcze	640
6.2.4.2.	Elektrozawory	643
6.2.5.	Układy regulacji stałowartościowej	644
6.2.5.1.	Układy z amplitudą	644
6.2.5.2.	Układy ze wzmacniaczami magnetycznymi	647
6.2.6.	Układy regulacji nadążnej	649
6.2.6.1.	Serwomechanizm z pomiarem położenia przy pomocy selsynów	650
6.2.6.2.	Serwomechanizm frezarki kopiującej	651
6.2.7.	Układy regulacji programowej	654
6.2.7.1.	Zapis i odczyt programu	657
6.2.7.2.	Przekształcanie i zapamiętywanie informacji	659
6.2.7.3.	Serwomechanizmy posuwów obrabiarek sterowanych programowo	660

LITERATURA	663
----------------------	-----