

Spis treści

1. Maszyny elektryczne — <i>prof. dr inż. Tadeusz Śliwiński, doc. dr inż. Krystyn Pawluk, dr inż. Alfred Kiszko, dr inż. Przemysław Puternicki, doc. dr inż. Zdzisław Żychi, doc. dr inż. Władysław Gawuś, doc. dr inż. Jerzy Mukosiej, doc. dr inż. Eugeniusz Koziej, doc. dr inż. Tadeusz Missala, doc. dr inż. Jerzy Owczarek, dr inż. Jerzy Zdrożny, doc. dr inż. Ryszard Zapasnik, doc. dr inż. Leon Krazyński, doc. dr inż. Jerzy Przybyś, dr inż. Andrzej Bytnar, doc. dr inż. Ryszard Sochocki, mgr inż. Olgierd Wołyński, doc. mgr inż. Jan Zembrzusi</i>		1
1.1.	Ogólne zasady działania i budowy maszyn elektrycznych	4
1.1.1.	Zasady przetwarzania energii w maszynach elektrycznych	4
1.1.2.	Uzwojenia	9
1.1.3.	Pola magnetyczne	28
1.1.4.	Napięcia indukowane w uzwojeniach	42
1.1.5.	Momenty obrotowe wytwarzane w maszynach elektrycznych	45
1.1.6.	Podstawowe zasady ogólnej teorii maszyn elektrycznych	53
1.1.7.	Klasyfikacja maszyn elektrycznych z punktu widzenia zasad działania i budowy	60
1.1.8.	Podstawowe wymagania stawiane maszynom elektrycznym	68
1.2.	Maszyny indukcyjne	74
1.2.1.	Zasada budowy i działania	74
1.2.2.	Ogólne równanie pracy maszyny indukcyjnej	78
1.2.3.	Praca ustalona symetrycznej maszyny wielofazowej	82
1.2.4.	Charakterystyki maszyny indukcyjnej	103
1.2.5.	Specjalne warunki pracy silnika wielofazowego	107
1.2.6.	Silniki jednofazowe	109
1.2.7.	Efekty działania harmonicznych pól	123
1.2.8.	Stany nieustalone silnika indukcyjnego	130
1.2.9.	Odmiany maszyn indukcyjnych	133
1.2.10.	Obliczanie impedancji silników indukcyjnych	137
1.3.	Maszyny synchroniczne	147
1.3.1.	Zasada budowy i działania maszyn synchronicznych	147
1.3.2.	Opis pracy trójfazowych maszyn synchronicznych	153
1.3.3.	Praca trójfazowych maszyn synchronicznych w stanie ustalonym	166
1.3.4.	Charakterystyki ruchowe	173
1.3.5.	Nietypowe stany pracy maszyn synchronicznych	180
1.3.6.	Stany nieustalone	185
1.3.7.	Elementy obliczeń elektromagnetycznych	198
1.3.8.	Wzbudzenie maszyn synchronicznych	209
1.3.9.	Prądnice reluktancyjne (induktorowe) średniej częstotliwości	212
1.3.10.	Prądnice o biegunach kłowych	215
1.3.11.	Maszyny synchroniczne o magnesach trwałych	219
1.4.	Maszyny prądu stałego	226
1.4.1.	Zasada działania i budowy maszyny prądu stałego	226
1.4.2.	Podstawowe zależności elektromagnetyczne	228
1.4.3.	Pole magnetyczne w maszynie prądu stałego	230
1.4.4.	Komutacja	236
1.4.5.	Straty i sprawność maszyn prądu stałego	242
1.4.6.	Prądnice prądu stałego	244
1.4.7.	Silniki prądu stałego	248
1.4.8.	Specjalne maszyny prądu stałego	251
1.5.	Maszyny komutatorowe prądu przemiennego	263
1.5.1.	Wiadomości ogólne i klasyfikacja maszyn komutatorowych prądu przemiennego	263
1.5.2.	Silniki jednofazowe szeregowo małej mocy	266
1.5.3.	Silniki jednofazowe bocznikowe	276
1.5.4.	Silniki jednofazowe szeregowo dużej mocy	278
1.5.5.	Silniki repulsyjne	280
1.5.6.	Trójfazowe silniki szeregowo	284
1.5.7.	Trójfazowe silniki bocznikowe	286
1.5.8.	Maszyny komutatorowe stosowane w zespołach	289

1.6.	Elektromaszynowe elementy automatyki	291
1.6.1.	Klasyfikacja	291
1.6.2.	Selsyny	291
1.6.3.	Prądnicze tachometryczne (p.t.)	311
1.6.4.	Silniki wykonawcze i napędowe	315
1.6.5.	Przetworniki indukcyjne specjalne	337
1.7.	Układy izolacyjne maszyn elektrycznych	340
1.7.1.	Wiedomości ogólne	340
1.7.2.	Klasyfikacja materiałów elektroizolacyjnych z punktu widzenia odporności cieplnej	340
1.7.3.	Współgodność komponentów w układzie izolacyjnym	343
1.7.4.	Funkcjonalne badania odporności cieplnej układów izolacyjnych	344
1.7.5.	Wytyczne doboru materiałów do uzwojeń maszyn elektrycznych niskiego napięcia	345
1.7.6.	Układy izolacyjne maszyn elektrycznych wysokiego napięcia	350
1.8.	Przystosowanie maszyn elektrycznych do pracy w specjalnych środowiskach eksploatacyjnych	352
1.8.1.	Ogólna charakterystyka specjalnych środowisk eksploatacyjnych	352
1.8.2.	Zabezpieczenie maszyn elektrycznych przed wpływem specjalnych środowisk eksploatacyjnych	353
1.8.3.	Rola procesu impregnacji w zabezpieczeniu uzwojeń maszyn elektrycznych przed wpływem środowisk agresywnych	354
1.8.4.	Badania środowiskowe maszyn elektrycznych	355
1.9.	Drgania i zjawiska akustyczne w maszynach elektrycznych	358
1.9.1.	Wstęp	358
1.9.2.	Pojęcia podstawowe	358
1.9.3.	Własności mechaniczno-dynamiczne maszyn elektrycznych	363
1.9.4.	Przyczyny drgań i hałasu. Emitowanie energii akustycznej przez maszynę	366
1.9.5.	Pomiary hałasu i drgań maszyn elektrycznych	370
1.9.6.	Ograniczanie hałasu i drgań (wibracji) maszyn elektrycznych	371
1.10.	Nagrzewanie się i chłodzenie maszyn elektrycznych	373
1.10.1.	Zagadnienia ogólne	373
1.10.2.	Współzależność procesów nagrzewania się i chłodzenia	379
1.10.3.	Czynniki chłodzące (chłodziwa) i ich zdolność odbierania ciepła	380
1.10.4.	Rodzaje chłodzenia maszyn elektrycznych	381
1.10.5.	Obwody hydrauliczne maszyn elektrycznych	398
1.10.6.	Podstawy wymiany ciepła w maszynach elektrycznych	399
1.10.7.	Metoda analityczna obliczania rozkładu temperatury w maszynach elektrycznych	411
1.10.8.	Obliczanie rozkładu temperatury maszyn elektrycznych metodą zastępczej sieci cieplnej (z.s.c.)	413
1.10.9.	Doświadczalne wyznaczanie cieplno-wentylacyjnych parametrów maszyn elektrycznych	424
	Literatura	425
2.	Transformatory — prof. dr inż. Michał Jabłoński	430
2.1.	Definicja transformatora	430
2.2.	Podstawowe prawa działania transformatora	430
2.2.1.	Stan jałowy	430
2.2.2.	Stan obciążenia	435
2.2.3.	Srowadzanie do wspólnej liczby zwojów	440
2.2.4.	Schematy zastępcze transformatorów	440
2.2.5.	Stan zwarcia	441
2.2.6.	Sprawność transformatorów	442
2.2.7.	Kojarzenie układów trójfazowych	444
2.3.	Obwody magnetyczne	445
2.3.1.	Blacha transformatorowa	445
2.3.2.	Rdzenie jednofazowe	446
2.3.3.	Rdzenie trójfazowe	449
2.3.4.	Specyfika niektórych rdzeni wielokolumnowych	453
2.3.5.	Problematyka cieplna rdzenia	454
2.3.6.	Magnetostrykcyjność i poziom dźwięku wytwarzanego przez transformator	457
2.4.	Obwody elektryczne	458
2.4.1.	Stosowane materiały	458
2.4.2.	Podstawowe odmiany konstrukcyjne uzwojeń	459
2.4.3.	Budowa elementów uzwojeń	459
2.4.4.	Obliczanie napięcia zwarcia	463
2.5.	Izolacja główna transformatora olejowego	469
2.5.1.	Izolacja między uzwojeniami oraz względem ziemi	469
2.5.2.	Izolacja przepustów	471
2.6.	Chłodzenie transformatora. Ciepne starzenie izolacji	475
2.6.1.	Warunki nagrzewania i chłodzenia transformatora	475
2.6.2.	Przyrosty temperatury uzwojeń i rdzenia względem oleju	477
2.6.3.	Ciepne starzenie izolacji	478

2.7.	Prawo wzrostu wielkości transformatora	478
2.7.1.	Założenia wyjściowe	478
2.7.2.	Zależność poszczególnych parametrów transformatora od mocy znamionowej	479
2.7.3.	Uogólnienie prawa wzrostu	483
2.8.	Praca niesymetryczna transformatorów trójfazowych	483
2.8.1.	Metoda analizy	483
2.8.2.	Schemat zastępczy dla składowej zerowej	484
2.8.3.	Zachowanie się transformatora o układzie połączeń $Y_{\%}$ przy obciążeniu zawierającym składową zerową	487
2.8.4.	Obciążenia nie zawierające składowej zerowej	489
2.8.5.	Zjawiska występujące przy niesymetrii impedancji w obwodzie trójkąta	490
2.9.	Współpraca równoległa transformatorów	492
2.9.1.	Pojęcie pracy równoległej	492
2.9.2.	Warunki prawidłowej pracy równoległej	492
2.9.3.	Współpraca przy niesymetrycznym obciążeniu	499
2.9.4.	Doprowadzenie do współpracy układów o różnych przesunięciach godzinowych, spełniających pozostałe warunki współpracy	501
2.10.	Transformatory wielouzwojeniowe	502
2.10.1.	Cel zastosowania transformatorów wielouzwojeniowych	502
2.10.2.	Transformator trójzwojeniowy z trzema uzwojeniami roboczymi	502
2.10.3.	Transformator z uzwojeniem trójnym wyrównawczym	506
2.10.4.	Współpraca równoległa transformatorów trójzwojeniowych	508
2.10.5.	Transformatory z dzielonymi uzwojeniami	509
2.11.	Autotransformatory	510
2.11.1.	Zasada działania autotransformatora	510
2.11.2.	Zalety autotransformatora	511
2.11.3.	Napięcie zwarcia autotransformatora	512
2.11.4.	Autotransformator z uzwojeniem trójnym	513
2.12.	Regulacja przekładni	515
2.12.1.	Zasada regulacji	515
2.12.2.	Regulacja w stanie beznapięciowym	516
2.12.3.	Regulacja pod obciążeniem	516
2.12.4.	Regulacja przekładni w autotransformatorach	517
2.12.5.	Regulacja przy zastosowaniu transformatora dodatkowego	519
2.13.	Stany niestabilne prądowe	519
2.13.1.	Stan niestabilny włączenia	519
2.13.2.	Stan zwarcia ruchowego (zwarcie udarowe)	523
2.14.	Stany niestabilne napięciowe i zagadnienia izolacyjne	532
2.14.1.	Określenie ogólne	532
2.14.2.	Naprężenie izolacji podczas przepięć udarowych	533
2.14.3.	Zagrożenie powodowane przez przepięcia łączeniowe	546
2.14.4.	Zagrożenia powodowane przez przepięcia rezonansowe i ferorezonansowe	546
2.14.5.	Próby izolacji	548
Literatura		548
3.	Układy napędowe dźwignic — mgr inż. Heliodor Urbanowicz	549
3.1.	Wiadomości wstępne	549
3.1.1.	Podział dźwignic	551
3.1.2.	Cechy szczególne układów napędowych dźwignic	554
3.1.3.	Napęd silnikiem asynchronicznym klatkowym	556
3.1.4.	Napęd silnikiem asynchronicznym pierścieniowym	557
3.1.5.	Napęd silnikiem szeregowym prądu stałego	561
3.1.6.	Napęd silnikiem obcowzbudnym prądu stałego	565
3.2.	Układy napędowe z silnikiem asynchronicznym	567
3.2.1.	Układy ze sterowaniem prędkości przez zmianę rezystancji w obwodzie wirnika	567
3.2.2.	Układy z hamowaniem silnikiem	572
3.2.3.	Układy ze sterowaniem prędkości przez zmianę częstotliwości	580
3.2.4.	Układy z regulacją prędkości przez zmianę momentu mechanicznego	586
3.2.5.	Układy z silnikiem klatkowym	591
3.2.6.	Układy napędowe wciągarek dźwignic chwytakowych i chwytниковych	595
3.2.7.	Układy specjalne mechanizmów jazdy	601
3.3.	Układy napędowe prądu stałego	607
3.3.1.	Układy napędowe z silnikiem szeregowym	607
3.3.2.	Układ <i>Leonarda</i>	611
3.3.3.	Przykład tyrystorowego układu sterowania	615
3.4.	Dobór układu napędowego i wyposażenia	616
3.4.1.	Dobór układu napędowego	616
3.4.2.	Dobór silników	617
3.4.3.	Dobór aparatury	622
3.4.4.	Dobór zwalniaików	627

3.4.5.	Dobór oporników	628
3.4.6.	Układy zasilające	629
3.5.	Układy napędowe dźwigów	630
3.5.1.	Wprowadzenie	630
3.5.2.	Struktura układów sterowania	633
3.5.3.	Sterowanie przyciskowe zewnętrzne	635
3.5.4.	Sterowanie przyciskowe wewnętrzne	638
3.5.5.	Sterowanie przyciskowe przestawne	641
3.5.6.	Dobór silników	644
Literatura		646
4.	Układy napędowe przenośników — mgr inż. Heliódor Urbanowicz	647
4.1.	Klasyfikacja i cechy charakterystyczne	647
4.1.1.	Wprowadzenie	647
4.1.2.	Podział przenośników	647
4.1.3.	Podstawowe zależności do obliczania wydajności i zapotrzebowania mocy przenośników	648
4.1.4.	Charakterystyczne cechy napędu przenośników	649
4.2.	Opis układów napędowych	649
4.2.1.	Struktura układów napędowych	649
4.2.2.	Przenośniki taśmowe	653
4.2.3.	Przenośniki członowe	654
4.2.4.	Przenośniki kubekowe	655
4.2.5.	Przenośniki wałkowe	656
Literatura		659
5.	Układy napędowe pomp, sprężarek i wentylatorów — doc. dr inż. Stanisław Tomasz, doc. dr inż. Krystyna Pawluk	660
5.1.	Wiadomości wstępne	661
5.1.1.	Wybrane wiadomości z mechaniki płynów	661
5.1.2.	Klasyfikacja pomp i sprężarek	666
5.1.3.	Parametry charakterystyczne pomp i sprężarek	667
5.2.	Pompy	668
5.2.1.	Pompy wyporowe (łtokowe i nurnikowe)	668
5.2.2.	Pompy rotodynamiczne	673
5.2.3.	Inne rodzaje pomp	681
5.3.	Sprężarki	683
5.3.1.	Sprężarki łtokowe (wyporowe)	683
5.3.2.	Sprężarki rotodynamiczne	687
5.3.3.	Sprężarki rotacyjne	692
5.3.4.	Wentylatory i dmuchawy	696
5.4.	Układy napędowe pomp i sprężarek	699
5.4.1.	Silniki i cechy układów napędowych	699
5.4.2.	Charakterystyka momentu oporowego	699
5.4.3.	Równanie momentów zespołu napędowego	701
5.4.4.	Dobór silnika napędowego	701
5.4.5.	Uruchamianie i zatrzymywanie pomp i sprężarek prędkościowych	702
5.4.6.	Łączenie równoległe i szeregowo pomp, sprężarek i wentylatorów	703
5.4.7.	Samoczynne załączenie rezerwy SZR	704
Literatura		709
6.	Układy napędowe młynów i pieców obrotowych — dr inż. Marian Kazubski	710
6.1.	Maszyny robocze	710
6.1.1.	Własności materiałów	710
6.1.2.	Typy i konstrukcje łamaczy	711
6.1.3.	Maszyny do rozdrabniania drobnego (mielenia)	715
6.2.	Napędy elektryczne urządzeń wstępnej przerobki surowców	719
6.2.1.	Układy napędowe łamaczy (kruszarek)	719
6.2.2.	Łamacze szczękowe	722
6.2.3.	Łamacze stożkowe	722
6.2.4.	Łamacze wałkowe	724
6.2.5.	Łamacze młotowe	724
6.2.6.	Urządzenia do dozowania materiałów do łamaczy	726
6.3.	Napędy elektryczne młynów	728
6.3.1.	Układy napędowe młynów	728
6.3.2.	Sterowanie	733
6.3.3.	Wydajność, dobór silnika, sposoby regulacji młynów kulowych	735
6.3.4.	Intensyfikacja pracy młynów	738
6.3.5.	Urządzenia do dozowania materiałów do młynów	739

6.4.	Układy napędowe pieców obrotowych	740
6.4.1.	Konstrukcja, działanie i zastosowanie pieców obrotowych	740
6.4.2.	Obliczenie mocy potrzebnej do napędu pieca	742
6.4.3.	Napędy elektryczne pieców obrotowych	742
6.4.4.	Urządzenia pomocnicze pieców obrotowych	745
Literatura		753
7.	Układy napędowe z tyrystorowymi elementami sterowania i zasilania	
	<i>doc. dr inż. Bolesław Winiarski</i>	754
7.1.	Rodzaje tyrystorowych układów napędowych	754
7.2.	Elementy i podzespoły tyrystorowych układów napędowych	755
7.2.1.	Sterowniki tyrystorów	755
7.2.2.	Urządzenia pomiarowe	768
7.2.3.	Regulator tyrystorowego układu napędowego	769
7.3.	Tyrystorowe układy napędowe prądu stałego	779
7.3.1.	Właściwości obwodu zasilanego z pojedynczego zaworu	779
7.3.2.	Wielozaworowe układy prostownicze jedno i wielofazowe o liczbie tętnieniowej $m > 1$	783
7.3.3.	Charakterystyki statyczne silnika zasilanego z przekształtnika	786
7.3.4.	Właściwości dynamiczne silnika zasilanego z przekształtnika tyrystorowego	791
7.3.5.	Schematy strukturalne tyrystorowych układów napędowych prądu stałego	795
7.4.	Impulsowe układy napędowe prądu stałego	800
7.4.1.	Podstawowe schematy przekształtników impulsowych	801
7.4.2.	Właściwości układu zasilanego z przekształtnika impulsowego	803
7.4.3.	Regulatory impulsowych układów napędowych	806
7.5.	Tyrystorowe układy napędowe prądu przemiennego	807
7.5.1.	Regulacja napięciowa silnika indukcyjnego	807
7.5.2.	Regulacja silnika indukcyjnego za pomocą opornika sterowanego impulsowo	810
7.5.3.	Tyrystorowe kaskady asynchroniczne	813
7.5.4.	Regulacja częstotliwościowa silników prądu przemiennego	816
Literatura		848
8.	Elektrotechnika obrabiarkowa — doc. mgr inż. Andrzej Mystkowski,	
	<i>doc. dr inż. Bolesław Winiarski</i>	849
8.1.	Elementy wyposażenia elektrycznego obrabiarek	850
8.1.1.	Klasyfikacja napędów obrabiarkowych	851
8.1.2.	Obciążenie silnika w funkcji prędkości obrotowej	852
8.1.3.	Wytyczne doboru silników	857
8.1.4.	Elementy obwodów sterowania	861
8.2.	Układy sterowania przekątnikowo-stycznikowego	870
8.2.1.	Wymagania norm	870
8.2.2.	Schematy wyposażenia elektrycznego obrabiarki	871
8.2.3.	Symboliczno-graficzna metoda opisu działania układu	872
8.2.4.	Układy sterowania przekątnikowo-stycznikowego obrabiarek	875
8.3.	Napędy elektryczne	887
8.3.1.	Warunki pracy napędów ruchów głównych i posuwowych	887
8.3.2.	Regulacja prędkości ruchu roboczego i posuwowego	888
8.3.3.	Charakterystyki statyczne napędu	889
8.3.4.	Własności dynamiczne napędu	890
8.3.5.	Układy napędowe	892
8.4.	Elektryczne układy kopiujące	893
8.4.1.	Kopiowanie przedmiotów o kształtach obrotowych	896
8.4.2.	Kopiowanie przestrzenne	901
8.4.3.	Kopiowanie obwodowe	901
8.5.	Układy sterowania programowego	905
8.5.1.	Układy sterowania sekwencyjnego	905
8.5.2.	Układy sterowania liczbowego	907
8.5.3.	Przykłady układów sterowania liczbowego	927
Literatura		931
9.	Technika oświetlania — doc. Władysław Felhorski	932
9.1.	Zasady ogólne	932
9.1.1.	Wprowadzenie	932
9.1.2.	Anatomiczno-fizjologiczne własności oka jako podstawa projektowania oświetlenia	933
9.1.3.	Normy oświetleniowe	934
9.1.4.	Klasy oświetlenia wnętrza	935

9.1.5.	Rodzaje oświetlenia	937
9.1.6.	Estetyka i ekonomia urządzeń	937
9.1.7.	Tok projektowania	939
9.2.	Oświetlenie dróg publicznych	939
9.2.1.	Cele oświetlenia dróg	939
9.2.2.	Klasy oświetlenia i zasadnicze wymagania	941
9.2.3.	Projektowanie oświetlenia	942
9.3.	Oświetlenie biur, urzędów, pracowni technicznych, bibliotek i czytelni	945
9.3.1.	Biura i urzędy	945
9.3.2.	Pracownie techniczne	948
9.3.3.	Biblioteki i czytelnie	948
9.4.	Oświetlenie sklepów i domów towarowych	949
9.4.1.	Cele oświetlenia	949
9.4.2.	Rodzaje źródeł światła	949
9.4.3.	Ogólne oświetlenie wnętrza	950
9.4.4.	Miejscowe oświetlenie wnętrza	951
9.4.5.	Oświetlenie wystawy sklepowej	952
9.5.	Oświetlenie hoteli, domów wypoczynkowych, restauracji i kawiarni	953
9.5.1.	Hotele i domy wypoczynkowe	953
9.5.2.	Restauracje i kawiarnie	955
9.6.	Oświetlenie mieszkań	956
9.7.	Oświetlenie zakładów przemysłowych	957
9.7.1.	Cele i rodzaje oświetlenia wewnątrz przemysłowych	957
9.7.2.	Ilość i jakość oświetlenia wewnątrz	958
9.7.3.	Oświetlenie ogólne wewnątrz przemysłowych	959
9.7.4.	Oświetlenie miejscowe wewnątrz przemysłowych	961
9.7.5.	Oświetlenie terenów przemysłowych	963
9.8.	Oświetlenie szkół	969
9.8.1.	Oświetlenie ogólne pomieszczeń szkolnych	969
9.8.2.	Źródła światła i oprawy oświetleniowe	969
9.8.3.	Oświetlenie miejscowe	970
9.9.	Oświetlenie szpitali, przychodni leczniczych, laboratoriów i aptek	971
9.9.1.	Salie szpitalne i pokoje chorych	971
9.9.2.	Gabinety zabiegowe	972
9.9.3.	Salie operacyjne	972
9.9.4.	Laboratoria szpitalne i apteczne	973
9.10.	Oświetlenie obiektów sportowych	973
9.10.1.	Zasady ogólne	973
9.10.2.	Źródła światła	974
9.11.	Oświetlenie w transporcie publicznym	975
9.11.1.	Środki transportu	975
9.11.2.	Tereny portowe, kolejowe i dworce	976
9.12.	Oświetlenie dekoracyjne	977
Literatura		979
Skorowidz		981