

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichenverzeichnis.....	XIII
1 Grundbegriffe und Bauelemente der elektrischen Antriebssysteme.....	1
1.1 Allgemeines über die Antriebssysteme	1
1.2 Elektrische Maschinen: Definitionen, Betriebsarten, Verluste, Thermik	3
1.3 Auswahl elektrischer Maschinen nach den Betriebsverhältnissen	7
1.3.1 Betriebsarten	8
1.3.2 Aufstellungsort, Schutzgrade und Schutzarten.....	12
1.4 Mechanische Kennlinien der elektrischen Motoren	14
1.5 Mechanische Kennlinien der Arbeitsmaschinen.....	15
1.6 Stationäre Zustände elektrischer Antriebssysteme. Statische Stabilität.....	17
1.7 Dynamische Zustände der elektrischen Antriebssysteme.....	21
1.8 Elektromagnetische Steuerungs- und Schutzgeräte.....	23
1.8.1 Elektromagnetisches Relais.....	23
1.8.2 Steuerschütz	28
1.8.3 Überstromauslöser.....	31
1.8.4 Schmelzsicherungen.....	31
1.9 Elektronische Leistungselemente	32
1.9.1 Dioden.....	32
1.9.2 Transistoren.....	33
1.9.2.1 Der Bipolartransistor	33
1.9.2.2 Der MOS-Transistor	35
1.9.2.3 IGBT – Insulated Gate Bipolar Transistor.....	36
1.9.2.4 Intelligente Powermodule (IPM)	36
1.9.3 Thyristoren	36
1.9.4 Triac und Diac.....	41
1.9.5 Z-Diode	42
1.9.6 Leistungsstromrichter.....	42
1.10 Mechanische Übertragungssysteme	44
1.11 Übungen	51
2 Gleichstrommotoren in elektrischen Antriebssystemen.....	73
2.1 Bauelemente der Gleichstrommotoren	73
2.2 Erregerfeld, induzierte Spannung, Drehmoment.....	78
2.2.1 Das magnetische Feld der Hauptpole.....	78
2.2.2 Die induzierte elektromagnetische Spannung in einer Spule der Läuferwicklung	82
2.2.3 Gleichstromwicklungen	85
2.2.4 Die elektromotorische Spannung des Gleichstrommotors	90
2.2.5 Das elektromagnetische Drehmoment des Gleichstrommotors.....	94
2.3 Die magnetische Ankerrückwirkung.....	96
2.4 Energetische Arbeitsbetriebe – stationäre und dynamische Zustände.....	101
2.4.1 Der Motorbetrieb.....	101
2.4.2 Generatorbetrieb.....	105

2.4.3	Elektrischer Bremsbetrieb	108
2.4.4	Gleichungen der dynamischen Betriebszustände	111
2.4.5	Einteilung der Gleichstrommaschinen nach Erregungsart	113
2.5	Kennlinien der Gleichstrommotoren	114
2.5.1	Motoren mit Fremd- oder Nebenschlußerregung	114
2.5.2	Motor mit Reihenschlußerregung.....	123
2.6	Anlauf der Gleichstrommotoren – automatisierte Anlaufstromkreise	129
2.6.1	Direkter Anlauf	129
2.6.2	Anlauf mit Widerstandsanlasser.....	133
2.6.3	Anlauf bei verringerter Ankerspannung ohne Widerstandsanlasser	135
2.6.4	Automatischer Anlaufvorgang	135
2.6.5	Handumschaltergesteuerter Anlasser	140
2.7	Anwendung der Gleichstrommaschine als Bremse in den elektrischen Antrieben.....	142
2.7.1	Gegenstrombremsen.....	142
2.7.2	Bremsung im Generatorbetrieb mit Energierückgewinnung (Nutzbremsung).....	145
2.7.3	Bremsung im Generatorbetrieb ohne Energierückgewinnung (Widerstandsbremsung)	147
2.8	Drehzahlsteuerung der Gleichstrommotoren.....	148
2.8.1	Drehzahlstellen über die Ankerspannung U_A	148
2.8.2	Feldsteuerung	150
2.8.3	Leonard-Umformer	151
2.9	Übungen	156
3	Leistungselektronische Stellglieder für Gleichstromantriebe.....	195
3.1	Gleichstrom-Stromrichter als Stellglieder	195
3.1.1	Einwegstromrichter (Einwegschaltung)	195
3.1.2	Brückenschaltung (Wechselstrom-Zweipulsleichrichter)	201
3.2	Drehstrom-Stromrichter	208
3.2.1	Dreipulsstromrichter (Zweiquadranten Sternschaltung)	208
3.2.2	Umkehrstromrichter (Dreipulsstromrichter in Vierquadranten-Sternschaltung)	215
3.2.3	Drehstrombrückenschaltung (Sechspulsstromrichter).....	221
3.3	Energetische Betrachtungen über Stromrichter	223
3.4	Kommutierungsvorgänge in Stromrichtern	227
3.5	Analoge Steuergeräte für netzgeführte Stromrichter	234
3.6	Gleichspannungssteller.....	242
3.6.1	Schaltung eines Gleichstromstellers mit Löschthyristor	244
3.6.2	Steller mit Nutzbremsung.....	249
3.6.3	Brems-Chopper (Pulsschalter)	253
3.7	Übungen	253
4	Elektrische Transformatoren in Antriebssystemen.....	281
4.1	Grundausführungen des elektrischen Transformators	281
4.1.1	Wicklungen des Wechselstromtransformators	283
4.1.2	Ölkessel.....	284
4.2	Erregerfeld, Rückwirkungsfeld, Gleichungssystem, Ersatzschaltbild	284

4.2.1	Magnetisches Feld.....	284
4.2.2	Gleichungssystem des dynamischen Betriebs	288
4.2.3	Stationäres Betriebsverhalten – Ersatzschaltbild, Zeigerbild	292
4.2.4	Leistungsbilanz	299
4.2.5	Vereinfachtes Ersatzschaltbild	302
4.3	Kennlinien des Wechselstromtransformators	302
4.4	Drehstromtransformatoren	309
4.5	Spartransformatoren	318
4.6	Übungen	321
5	Asynchronmotoren in elektrischen Antriebssystemen	343
5.1	Bauelemente der Drehstrom-Asynchronmaschine	343
5.1.1	Allgemeines	343
5.1.2	Aufbau.....	343
5.2	Erregerfeld, induzierte Spannung, elektromagnetisches Drehmoment.....	347
5.2.1	Das magnetische Feld einer Wechselstromwicklung	348
5.2.2	Drehfeld, das magnetische Feld der Drehstromwicklung	361
5.2.3	Spannungsinduktion durch die Drehfelder	368
5.2.4	Das elektromagnetische Drehmoment der Drehstrommaschine.....	374
5.3	Das magnetische Rückwirkungsfeld	376
5.4	Stationäre und dynamische Arbeitszustände	378
5.4.1	Motorbetrieb	378
	Leistungsfaktor des Motors.....	381
5.4.2	Der Generatorbetrieb.....	382
5.4.3	Bremsbetrieb	385
5.4.4	Gleichungen des stationären Zustandes	387
5.4.5	Gleichungen des dynamischen Zustandes	399
5.5	Kennlinien des Drehstrom-Asynchronmotors	411
5.5.1	Die Mechanische Kennlinie des Asynchronmotors mit Schleifringläufer	411
5.5.2	Mechanische Kennlinien des Asynchronmotors mit Kurzschlußläufer	416
5.5.3	Wirkungsgradkennlinie	421
5.5.4	Leistungsfaktorkennlinie	422
5.6	Anlauf von Asynchronmotoren	422
5.6.1	Direkter Anlauf	423
5.6.2	Stern-Dreieck-Anlauf.....	426
5.6.3	Anlauf mit Drosselspulen im Ständerstromkreis.....	428
5.6.4	Anlauf mit Spartransformator	429
5.6.5	Anlauf des Asynchronmotors mit Schleifringläufer.....	430
5.7	Bremsen der Asynchronmaschine	433
5.7.1	Bremsschaltung im Bremsbetrieb	433
5.7.1.1	Bremsbetrieb durch Reversierung	433
5.7.1.2	Bremsbetrieb durch Änderung der Strangfolge im Ständer.....	435
5.7.2	Bremsung im Generatorbetrieb mit Energierückgewinnung.....	436
5.7.3	Bremsung im Generatorbetrieb ohne Energierückgewinnung	437
5.8	Drehzahlstellen von Asynchronmotoren	439
5.8.1	Ständerspannungssteuerung	440
5.8.2	Polumschaltung	441
5.8.3	Frequenzsteuerung	443

5.8.3.1	Drehzahlstellung durch die Konstanthaltung des Ständerflusses	443
5.8.3.2	Drehzahlstellung durch Konstanthaltung des Luftspaltflusses ...	446
5.8.3.3	Drehzahlstellung durch Konstanthaltung der Läuferflußamplitude	447
5.8.3.4	Drehzahlstellung durch Konstanthaltung des Ständerstromes....	448
5.8.3.5	Zusammenfassung	450
5.8.4	Widerstandssteuerung im Läuferstromkreis.....	450
5.8.5	Läuferspannungssteuerung durch Einfügen eines variablen Drehspannungssystems in den Läuferkreis	451
5.8.6	Läuferspannungssteuerung durch eine in den Läuferkreiseingefügte Drehstromquelle variablen Stromes und variabler Frequenz (doppelgespeister Motor)	454
5.9	Wechselstrom-Asynchronmotor.....	456
5.10	Übungen	460
6	Synchronmaschinen in elektrischen Antriebssystemen.....	487
6.1	Bauelemente der Synchronmaschine.....	487
6.2	Erregungsvorgang, induzierte Spannung, elektromagnetisches Drehmoment	490
6.2.1	Erregerfeld	490
6.2.2	Die induzierte Spannung (Polradspannung).....	494
6.2.3	Das elektromagnetische Drehmoment.....	495
6.3	Das magnetische Rückwirkungsfeld	497
6.4	Die Synchronmaschine im stationären und im dynamischen Zustand	498
6.4.1	Motorbetrieb	498
6.4.2	Generatorbetrieb.....	501
6.4.3	Gleichungen des stationären Zustands des Synchronmotors.....	502
6.4.4	Gleichungen des dynamischen Zustandes	507
6.5	Kennlinien des Synchronmotors.....	524
6.5.1	Mechanische Kennlinie.....	525
6.5.2	Die V-Kennlinien der Synchronmaschine.....	525
6.5.3	Die Kennlinie des Polradwinkels. Statische und dynamische Stabilität....	527
6.5.3.1	Die statische Stabilität	529
6.5.3.2	Die dynamische Stabilität	533
6.6	Anlauf, Bremsung und Drehzahlsteuerung von Synchronmotoren	539
6.6.1	Direkter Anlauf	542
6.6.2	Indirekter Anlauf über Ständerdrosseln	542
6.6.3	Indirekter Anlauf über Spartransformator	544
6.6.4	Die Bremsung von Synchronmotoren	545
6.6.5	Drehzahlstellung von Synchronmotoren	545
6.7	Übungen	546
7	Leistungselektronik bei Drehstromantrieben	565
7.1	Drehzahlsteuerung von Asynchronmotoren durch Gleichstromsteller und Widerstand im Läuferkreis	565
7.2	Drehzahlsteuerung von Drehstrommotoren mittels statischer Umrichter.....	568
7.2.1	Direkte Umrichter	569
7.2.2	Indirekte Umrichter (Zwischenkreisumrichter).....	575

7.2.2.1	Spannungswechselrichter ohne getrennten Löschkreis	576
7.2.2.2	Spannungswechselrichter mit Einzellöschkreis und Ausgangsspannungsänderung	589
7.2.2.3	Spannungswechselrichter mit Abschaltthyristoren (GTO)	592
7.2.2.4	Spannungswechselrichter mit Leistungstransistoren	593
7.2.2.5	Stromwechselrichter ohne getrennten Löschkreis	606
7.2.2.6	Stromwechselrichter mit Einzellöschkreis	613
7.2.2.7	Stromwechselrichter mit GTO-Thyristoren	614
7.3	Untersynchrone Stromrichter-kaskade (Scherbius-Kaskade)	615
7.4	Übungen	619
8	Elektrische Sondermaschinen in Antriebssystemen	637
8.1	Gleichstrommaschinen mit Dauermagneten	637
8.1.1	Dauermagnetmotoren mit zylindrischem Läufer	638
8.1.2	Dauermagnetmotoren mit Scheibenläufer	643
8.1.3	Dauermagnetmotoren mit Glockenläufer	644
8.2	Zweiphasen-Asynchronstellmotor	645
8.3	Reluktanzsynchronmotor	652
8.4	Hysteresemotor	654
8.5	Synchronmaschinen mit Dauermagneten	659
8.6	Bürstenloser Gleichstrommotor, selbstgesteuerter Synchronmotor	661
8.7	Schrittmotoren	669
8.8	Geschaltete Reluktanzmotoren (mit elektronischer Kommutierung)	678
	Bibliographie	681
	Sachwortverzeichnis	689