

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Transformatoren	1
1.1 Aufbau der Transformatoren	1
1.1.1 Eisengestell	1
Einphasentransformator 1. — Drehstromtransformatoren 2. — Konstruktive Einzelheiten 3.	
1.1.2 Wicklungen	6
1.1.3 Kühlung	8
1.1.4 Wandertransformatoren und Grenzleistungstransformatoren	12
1.1.5 Transformatorengeräusch	13
1.2 Betriebseigenschaften des Einphasentransformators	15
1.2.1 Leerlauf	15
1.2.2 Belastung	18
1.2.3 Ersatzstromkreis	20
1.2.4 Kurzschluß	22
1.2.5 Stoßkurzschluß	25
1.2.6 Spannungsänderung des Transformators bei Nennlast	28
1.2.7 Parallelbetrieb von Transformatoren	29
1.2.8 Sparschaltung und Mehrwicklungstransformatoren	31
Spartransformatoren 31. — Mehrwicklungstransformatoren 33.	
1.2.9 Allgemeine Theorie des Transformators	36
Die Streuziffern (Streugrade) 36. — Spannungsgleichungen 39. — Ersatzstromkreis 40. — Der Spannungstransformator 40. — Der Stromtransformator 43. — Abdämpfungsfaktor 45. — Ausgleichs- vorgänge 45.	
1.3 Drehstromtransformatoren	48
1.3.1 Allgemeines	48
1.3.2 Schaltungen und Schaltgruppen	51
Grundsaltungen 51. — Schaltarten und Schaltgruppen 52. — Parallelbetrieb 55. — Verwendung der Schaltgruppen 56.	
1.4 Der Magnetisierungsstrom und der Stromstoß beim Einschalten eines Transformators	64
1.4.1 Der Magnetisierungsstrom des Einphasentransformators	64
1.4.2 Der Magnetisierungsstrom des Drehstromtransformators	65
Primärwicklung in Sternschaltung mit Sternpunktleiter, Sekundär- wicklung in Sternschaltung 65. — Primärwicklung in Sternschaltung ohne Sternpunktleiter 66. — Primärwicklung in Dreieckschal- tung 68. — Zusammenfassung 68.	
1.4.3 Transformatoren mit sinusförmigem Magnetisierungsstrom	69
1.4.4 Der Stromstoß beim Einschalten eines Transformators	71
1.5 Sonderbauarten von Transformatoren	75
1.5.1 Überspannungen und schwingungsfreie Transformatoren	75
1.5.2 Transformatoren mit Einstellbarkeit der Übersetzung	79
Einstellung der Übersetzung im spannungslosen Zustande 79. — Stufenweise Einstellung unter Last 79. — Einstellung im Zwischen- kreis 84. — Stetige Einstellung 84.	

	Seite
1.5.3 Längs- und Quertransformatoren	86
1.5.4 Transformatoren zur Änderung der Phasenzahl	89
Stromrichtertransformatoren 89. — Umformung von Drei- in Zweiphasenstrom 91.	
1.5.5 Ofentransformatoren	93
1.6 Statische Frequenzumformung	94
1.6.1 Frequenzumformung von 50-Hz-Drehstrom auf 150-Hz-Einphasen- strom	94
1.6.2 Frequenzumformung von 50-Hz-Drehstrom auf 150-Hz-Zweiphasen- strom	95
1.6.3 Frequenzumformung von 50-Hz-Drehstrom auf 150-Hz-Drehstrom	96
1.7 Tiefgekühlte oder supraleitende Wicklungen bei Transforma- toren (Cryotransformatoren)	97
Schrifttum	98
2 Allgemeines über umlaufende Maschinen	109
2.1 Wechselstromwicklungen	109
2.1.1 Aufstellung des Nutensternes	109
2.1.2 Zuordnung der Nuten zu den Wicklungssträngen	111
2.1.3 Schaltung zu Spulen und Wicklungssträngen	113
2.2 Einschichtwicklungen	113
2.2.1 Drehstromwicklungen	113
Ausführungsarten 114. — Parallele Zweige in den Wicklungs- strängen 117.	
2.2.2 Zweiphasenwicklungen	117
2.2.3 Einphasenwicklungen	117
2.2.4 Bruchlochwicklungen	118
2.3 Zweischichtwicklungen	120
2.4 Verminderung der Wirbelströme in den Wicklungen	123
2.5 Magnetische Felder in elektrischen Maschinen	125
2.5.1 Feldkurve	125
2.5.2 Wechselfeld	127
2.5.3 Drehfeld	128
2.5.4 Beziehungen zwischen Drehfeld und Wechselfeld	130
2.5.5 Elliptisches Drehfeld	131
2.5.6 Addition mehrerer Wechselfelder	133
2.5.7 Erzeugung eines Drehfeldes durch eine Drehstromwicklung	134
2.5.8 Symmetrische Komponenten	137
Zweiphasensystem 141.	
2.6 Strombelag, Durchflutung und Felderregerkurve	142
2.6.1 Strombelag	142
2.6.2 Wechselstrombelag	143
2.6.3 Drehstrombelag	145
2.6.4 Durchflutung, Wechsel- und Drehdurchflutung	146
2.6.5 Felderregerkurve und Feldkurve	150
Felderregerkurve 150. — Feldkurve 151.	
2.6.6 Durchflutungsvieleck	152
2.7 Oberwellen	153
2.8 Spannungserzeugung in elektrischen Maschinen	156
Der Induktionsvorgang bei einem Wechselfeld 158.	

	Seite
2.9 Wicklungsfaktor	158
2.9.1 Ungesehnte Wicklungen	158
2.9.2 Wicklungsfaktor bei gesehnten Wicklungen	160
2.9.3 Wicklungsfaktoren der Oberwellen	161
2.9.4 Nutenoberwellen	164
2.10 Induktivitäten	165
2.10.1 Induktivität einer Einphasenwicklung	165
2.10.2 Induktivität einer Drehstromwicklung	166
2.10.3 Nuten-, Stirn- und Oberwellenstreuung	167
Nutenstreuung 167. — Stromverdrängung 169. — Stirnstreuung 170. — Oberwellenstreuung 170. — Bohrungsfeld 172.	
2.11 Drehmoment, Drehschub und Leistungsgleichung	175
Wachstumsgesetze 179.	
2.12 Konstruktive Gestaltung und Betrieb umlaufender Maschinen	180
2.12.1 Bauformen	180
2.12.2 Schutzarten	181
2.12.3 Lüftungs- und Kühlungsarten	184
2.12.4 Nennbetriebsarten	184
2.12.5 Erwärmung	186
Schrifttum	186
3 Induktionsmaschinen	188
3.1 Aufbau und Wirkungsweise	188
3.1.1 Aufbau	188
3.1.2 Läuferwicklungen	192
Nutenlose Läufer 192. — Käfigwicklungen 194. — Läuferwick- lungen für Schleifringankermaschinen 195	
3.1.3 Wirkungsweise einer mehrphasigen Induktionsmaschine	196
3.2 Betriebseigenschaften der mehrphasigen Induktions- maschine	197
3.2.1 Frequenzgleichung und Schlupf; Frequenzumformung	197
3.2.2 Läuferspannung und Läuferstrom; Phasenumformung	200
3.2.3 Drehfeldtransformator und Ersatzstromkreis	202
3.2.4 Drehmoment und Leistungsaufteilung der Induktionsmaschine ...	204
3.2.5 Kippschlupf, Kippmoment und Drehmomentkurve	206
3.2.6 Stabiler Betriebsbereich	209
3.2.7 Stromdiagramm der Induktionsmaschine	210
Schlupflinie 212. — Leistung und Drehmoment im Kreisdiagramm 212. — Bestimmung des Kreismittelpunktes und der Drehmoment- linie 213.	
3.2.8 Betrieb der Induktionsmaschine als Motor	214
3.2.9 Theorie der Induktionsmaschine	217
Kreisdiagramm 219. — Frequenzänderung 222. — Selbsterregung 225.	
3.2.10 Dynamisches Verhalten von Induktionsmaschinen	229
Grundgleichungen 230. — Dynamisches Ersatzschaltbild eines Drehstrominduktionsmotors 232. — Dynamische Ortskurven und Drehmomentkennlinien 233.	
3.3 Oberwellenerscheinungen	236
3.3.1 Die Wellen der Feldkurve des Ständers	236
3.3.2 Läuferströme	236

	Seite
3.3.3 Die Wellen der Feldkurve des Läufers	237
Strang- und Polzahlen der Ständer- und Läuferwicklung sind gleich 237. — Verschiedene Strangzahlen der Ständer- und Läuferwicklung; Läuferwicklung für verschiedene Polzahlen (Käfigwicklung) 237. — Drehzahlen der Wellen der Feldkurve des Läufers 237.	
3.3.4 Zusammenwirken der Oberwellen der Ständer- und Läuferwicklung	238
Asynchrone Oberwellendrehmomente 238. — Synchrone Oberwellendrehmomente 239. — Rüttelkräfte 241. — Vermeidung der Oberwellenerscheinungen 243.	
3.4 Anlassen der Induktionsmotoren	244
3.4.1 Anlaufzeit	244
3.4.2 Anlaufwärme	246
3.4.3 Anschlußbestimmungen	247
3.4.4 Anlassen von Schleifringankermotoren	248
3.4.5 Anlassen durch Umschaltungen im Ständerkreis	251
Anlaßtransformator und Ständeranlasser 251. — Stern-Dreieck-Schaltung 251. — Anlassen mit Hilfe von Anwurfmotoren, Doppelfeldmotoren 253. — Anlauf mit Teilwicklungsschaltung 254. — Kurzschlußanfanlauf 255.	
3.4.6 Anlassen durch Ausnutzung der Stromverdrängung	256
Wirbelstromläufermotoren 256. — Mehrfachkäfigankermotoren 258.	
3.5 Steuerung der Drehzahl eines Drehstrom-Induktionsmotors	261
3.5.1 Drehzahlsteuerung durch Änderung der Primärfrequenz	261
Frequenzänderung durch umlaufende Maschinen 261. — Frequenzänderung durch statische Umrichter mit Thyristoren 261.	
3.5.2 Drehzahleinstellung durch Polumschaltung	265
3.5.3 Drehzahlsteuerung durch Änderung der Schlüpfung	268
Änderung der Schlüpfung durch Änderung der Leistung im äußeren Läuferkreis 268. — Änderung der Schlüpfung durch Änderung der Klemmenspannung des Ständers 271.	
3.5.4 Drehzahleinstellung durch Zusammenarbeiten von zwei oder mehreren Drehstrom-Induktionsmaschinen	273
Kaskadenschaltung von zwei oder mehreren Drehstrom-Induktionsmaschinen 273. — Überlagerung eines zweiten Drehfeldes und Drehzahlstellung durch asymmetrische Speisung 275.	
3.5.5 Weitere Möglichkeiten der Drehzahleinstellung	276
Die doppeltgespeiste Induktionsmaschine 276. — Drehzahleinstellung durch überlagerten Gleichstrom 277. — Drehzahlstellung durch Impulssteuerung (Tippschaltungen) 278.	
3.5.6 Drehzahlstellung mit elektrischer Schlupfkupplung	278
3.5.7 Drehzahlstellung durch Zusatzbremse	279
3.5.8 Drehzahlsteuerbare Induktionsmotoren in Sonderbauarten	279
3.6 Bremschaltungen für Drehstrom-Induktionsmotoren	280
3.6.1 Gleichstrombremsung	280
3.6.2 Bremsung mit niederfrequentem Wechselstrom	281
3.6.3 Übersynchrone Senkbremsschaltung	282
3.6.4 Gegenstrom-Senkbremsschaltung	283
3.6.5 Einphasen-Bremsschaltung	284
3.6.6 Zweimotoren-Senkschaltung	285
3.6.7 Bremsung mit unsymmetrischen Ständerschaltungen	285
3.6.8 Bremsmotoren	286
3.7 Die elektrische Welle	287
3.7.1 Elektrische Ausgleichswelle	287
3.7.2 Arbeitswelle	289
3.7.3 Ferndreherwelle	291

	Seite
3.7.4 Gleichlaufregelung durch elektrische Wellen	291
3.7.5 Drehmelder	292
3.7.6 Erregerschaltungen von Ferndrehern	292
3.8 Asynchrongeneratoren	293
3.9 Drehtransformatoren (Drehregler)	297
3.9.1 Dreiphasige Drehtransformatoren	297
3.9.2 Einphasige Drehtransformatoren	299
3.10 Die einphasige Induktionsmaschine	300
3.10.1 Wirkungsweise	300
3.10.2 Das Anlassen der Einphasenmotoren.....	303
Anwurfmotoren 304. — Anlauf mit Hilfswicklung 304. — Anlauf mit unsymmetrischem Läufer 306.	
3.10.3 Kondensatormotoren	306
3.10.4 Spaltpolmotor	309
3.10.5 Oberwellenerscheinungen	310
3.10.6 Drehzahleinstellung	311
3.11 Motor mit Zwischenläufer	311
3.12 Die Induktionsmaschine als Umformer	312
3.12.1 Phasenzahlumformer	312
Ferraris-Arnó-Phasenumformer 314. — Verbesserung des Lei- stungsfaktors 314.	
3.12.2 Frequenzumformer	314
Frequenzumformer mit Induktionsmotor als Antriebsmaschine 315.	
3.13 Sonderbauarten von Induktionsmaschinen.....	318
3.13.1 Schrittmotoren	318
3.13.2 Stellmotoren.....	319
3.13.3 Induktionsmotoren mit geradliniger Bewegung	320
3.13.4 Schwingankermotoren	321
3.13.5 Asynchronmaschinen mit supraleitenden Wicklungen	322
Schrifttum	323
4 Synchronmaschinen	343
4.1 Aufbau	343
4.1.1 Wasserkraftgeneratoren	346
4.1.2 Turbogeneratoren	347
Nutenlose Turbogeneratoren 351.	
4.1.3 Synchronmaschinen mit wicklungsfreiem Läufer.....	351
4.1.4 Stoßleistungsgeneratoren	352
4.1.5 Synchronmaschinen mit tiefgeköhlten Wicklungen.....	352
4.2 Erregung der Synchronmaschinen	353
4.2.1 Erregung mit Gleichstrom-Erregermaschinen	353
4.2.2 Erregerumformer.....	354
4.2.3 Erregung mit Stromrichtern	354
4.2.4 Spannungsregelung mit Transduktoren (Magnetverstärkern)	354
4.2.5 Erregung mit Halbleiter-Stromrichtern	354
4.2.6 Allgemeines über Erregung	356
4.3 Die Vollpol-Synchronmaschine	356
4.3.1 Feldkurve und Leerlaufkennlinie	356
Feldkurve 356. — Leerlaufkennlinie 357.	
4.3.2 Ankerrückwirkung	357
4.3.3 Zeigerdiagramm der Spannungen und Ströme bei Belastung	358

	Seite
4.3.4 Ersatzstromkreis der Synchronmaschine	359
4.3.5 Kurzschluß	360
Dreipoliger Kurzschluß 360. — Zweipoliger und einpoliger Kurzschluß 362. — Der Stoßkurzschlußstrom 363.	
4.3.6 Belastungskennlinien bei $\cos \varphi = 0$	369
4.3.7 Spannungsänderung	371
4.3.8 Regulierkurven	371
4.3.9 Drehmoment	371
4.4 Besonderheiten der Schenkelpolmaschine	373
4.4.1 Aufteilung der Ankerdurchflutung	373
4.4.2 Feldkurven von Ankerlängs- und querfeld.....	373
4.4.3 Ankerrückwirkung	375
4.4.4 Zeigerdiagramm der Schenkelpolmaschine	376
4.4.5 Synchrone oder Ankerreaktanzen	378
Berechnung der Ankerreaktanzen 378. — Ankerreaktanzen und Polradstellung 380. — Ermittlung der Ankerreaktanz 380.	
4.4.6 Drehmoment der Schenkelpolmaschine	382
4.4.7 Stoßkurzschluß	384
Maschinen ohne Dämpferwicklung 384. — Maschinen mit Dämpferwicklung 388. — Anfangs-Querreaktanz (subtransiente Querreaktanz) 393.	
4.5 Die Synchronmaschine im Parallelbetrieb	395
4.5.1 Anlauf und Synchronisierung	395
4.5.2 Die Synchronmaschine am Netz	399
Belasten der Synchronmaschine 399. — V -Kurven 400.	
4.5.3 Die Drehmomente im Parallelbetrieb und die Eigenschwingung der Synchronmaschine (statische und dynamische Stabilität)	400
Synchronisierendes Moment 400. — Statische Stabilität 402. — Dynamische Stabilität 403. — Statische und dynamische Kippleistungen 406.	
4.5.4 Die Synchronmaschine als Motor und als Blindleistungsmaschine .	406
4.6 Unsymmetrische Belastungen (Schieflast).....	411
4.6.1 Absolute und relative Schieflast.....	411
4.6.2 Einfache Ermittlung des Stromes des Gegensystems.....	411
4.6.3 Reaktanzen	412
4.6.4 Unsymmetrische Kurzschlüsse	413
4.7 Theorie der Synchronmaschine	413
4.7.1 Vollpolmaschine	413
Stromdiagramm der Vollpolmaschine 413. — Drehmoment 414. — Belastungskennlinien 415.	
4.7.2 Schenkelpolmaschine	416
Spannungs- und Stromgleichungen 416. — Drehmoment 418. — Stromdiagramm der Reaktionsmaschine 418. — Stromdiagramm der Schenkelpolmaschine mit Erregung 419. — Stromdiagramm mit Berücksichtigung des Ohmschen Widerstandes der Ankerwicklung 419. — Das erweiterte Spannungsdiagramm und das Stromdiagramm der Schenkelpolmaschine 420.	
4.7.3 Elektromechanische Pendelungen der Synchronmaschine	423
Bewegungsgleichung 423. — Freie und selbsterregte Pendelungen 425. — Erzwungene Pendelungen bei Parallelbetrieb am ruhigen Netz 428. — Resonanzmodul 429. — Leistungspendelungen 430. — Pendelungen der Synchronmaschine bei einem pendelnden Netz 433. — Parallelbetrieb beliebig vieler Synchronmaschinen 434. —	

	Seite
Pendelungen im Alleinbetrieb 435. — Pendelmomente von Kolbenmaschinen 436. — Berechnung des Schwungmoments bei ungleichförmigem Antrieb 438.	
4.7.4 Grundgleichungen für Ausgleichsvorgänge	440
Parksche Transformation 440. — Spannungsgleichungen 442. — Flußverkettungen 442. — Bewegungsgleichungen der Synchronmaschine 445. — Vollständiges Gleichungssystem 446. — Anwendungen 447.	
4.8 Die Einphasen-Synchronmaschine	447
4.9 Sonderbauarten von Synchronmaschinen	450
4.9.1 Kompounderregung für Synchronmaschinen	450
Stromgesteuerte Kompoundierungsschaltungen 450. — Kompoundierte Synchrongeneratoren mit zusätzlicher Spannungsregelung 452. — Spannungsgesteuerte Kompoundierungsschaltungen 453. — Synchronmotoren mit Kompounderregung 454.	
4.9.2 Mittel- und Hochfrequenzmaschinen	454
Mittelfrequenzmaschinen 455. — Hochfrequenzmaschinen 461.	
4.9.3 Synchron-Klein- und Kleinstmaschinen	464
Einphasige Synchronmotoren ohne Drehfeld (Impulsfeldmotoren) 464. — Einphasige Synchronmotoren mit Drehfeld 465. — Hysteresemotoren 466.	
4.9.4 Reluktanzmotoren und synchronisierte Induktionsmotoren mit Dauermagneten	467
Reluktanzmotoren 467. — Synchronisierte Induktionsmotoren mit Dauermagneten 468.	
4.9.5 Stromrichtersynchronmotoren	469
Schrifttum	470
5 Gleichstrommaschinen	489
5.1 Aufbau und Wirkungsweise der Gleichstrommaschinen	489
5.1.1 Die Wirkung des Stromwenders und der mechanische Aufbau der Gleichstrommaschinen	489
5.1.2 Die Schaltung der Gleichstrommaschinen	492
5.2 Gleichstromankerwicklungen	493
5.2.1 Spulen der Ankerwicklung	493
5.2.2 Der Spulensterne	495
5.2.3 Schaltung der Spulen zur Wicklung	496
Ankerwicklung mit zwei parallelen Ankerzweigen 497. — Ankerwicklungen mit vier parallelen Ankerzweigen 501.	
5.2.4 Wicklungsformeln	503
5.2.5 Symmetriebedingungen für Gleichstromankerwicklungen, Ausgleichsverbindungen	506
Symmetriebedingungen 506. — Ausgleichsverbindungen 506.	
5.2.6 Angezapfte und aufgeschnittene Gleichstromankerwicklungen	515
Angezapfte Gleichstromankerwicklungen 515. — Aufgeschnittene Gleichstromankerwicklungen 516.	
5.3 Induzierte Spannung und Klemmenspannung, Strombelag, Drehmoment	518
5.3.1 Berechnung der induzierten Spannung	518
5.3.2 Klemmenspannung	519
5.3.3 Strombelag und Drehmoment	520
5.4 Ankerrückwirkung	520

	Seite
5.4.1 Ankerrückwirkung bei Bürsten, die in der geometrisch neutralen Zone stehen	522
Felderregerkurve 522. — Ankerfeldkurve 522. — Zusammensetzung der Feldkurven der Anker- und Erregerwicklung 523. — Belastungskennlinien 524.	
5.4.2 Ankerrückwirkung bei verschobenen Bürsten	525
5.4.3 Nachteile der Ankerrückwirkung	527
5.4.4 Aufhebung der Ankerrückwirkung durch Kompensations- und Wendepolwicklungen	529
Wendepolwicklung 529. — Kompensationswicklung 530.	
5.4.5 Weitere Mittel, um die Ankerrückwirkung zu vermindern	531
5.4.6 Rückwirkung der in den kommutierenden Ankerspulen fließenden Kurzschlußströme auf das Hauptfeld	532
5.5 Stromwendung	532
5.5.1 Bürstenfeuer	532
5.5.2 Mechanische Ursachen des Bürstenfeuers	533
5.5.3 Geradlinige Stromwendung	533
5.5.4 Verschiedene Kurzschlußstrom- oder Übergangskurven.....	535
5.5.5 Beeinflussung der Kurzschlußstromkurve durch den Kurzschlußkreiswiderstand, die Stromwendespannung und die Spannung der Drehung, die von der Induktion in der Wendezone am Ankerumfang induziert wird	537
Einfluß des Kurzschlußkreiswiderstandes auf den Verlauf der Kurzschlußstromkurve 537. — Einfluß der Stromwendespannung auf den Verlauf der Kurzschlußstromkurve 537. — Einfluß des Ankerfeldes in der Wendezone auf die Stromwendung 539. — Wendepole 540.	
5.5.6 Sondereinflüsse auf die Stromwendung	541
Unrichtige Einstellung des Wendefeldes 541. — Beeinflussung der Stromwendung durch Änderungen des Hauptpolflusses 542. — Die Stromwendung von Mischstrommotoren 542.	
5.5.7 Verkleinerung der Stromwendespannung durch Dämpfung	543
5.5.8 Stromwendung mit Hilfe von Stromrichtern	544
Stromwendung mit zwei Stromwendern und Thyristoren 544. — Ersatz des Stromwenders durch Transistoren oder Thyristoren (Elektronische Stromwendung) 545.	
5.6 Dynamische Eigenschaften der Gleichstrommaschinen	547
5.6.1 Grundgleichungen	547
Stationärer Betrieb 549.	
5.6.2 Dynamisches Verhalten eines drehzahlgeregelten Gleichstrommaschinen-Antriebes.....	549
5.7 Gleichstromerzeuger	552
5.7.1 Schaltbilder von Gleichstromerzeugern	552
5.7.2 Kennlinien von Gleichstromerzeugern	552
5.7.3 Spannungsänderung bei Gleichstromerzeugern	555
5.7.4 Bedingung der Selbsterregung von Nebenschlußgeneratoren	555
5.7.5 Parallelschalten von Gleichstromerzeugern	557
Maschinen mit Nebenschluß- oder Fremderregung 557. — Doppelschlußmaschinen 559. — Hauptschlußmaschinen 559. — Parallelarbeiten der Generatoren 559.	
5.8 Gleichstrommotoren	560
5.8.1 Allgemeines	560
Drehrichtung 560. — Einstellung der Drehzahl 561. — Drehzahlstabilität 563. — Pendeln von Nebenschlußmaschinen 564. — Übergang von Motoren in den Generatorzustand 565. — Bremsung von Gleichstrommotoren 565. — Anlassen 567.	

	Seite
5.8.2 Die Schaltungen der Gleichstrommotoren.....	568
Kennlinien 568. — Besondere Arten der Drehzahleinstellung 569. — Gleichstromantriebe mit Halbleiterzellen 578. — Parallelbetrieb von Gleichstrommotoren 584.	
5.9 Sonderbauarten von Gleichstrommaschinen	585
5.9.1 Zwischenbürstenmaschinen (Metadynamo, Metadyne und Ver- stärkermaschinen)	585
Zwischenbürstenumformer 586. — Zwischenbürstenmotor 588. — Zwischenbürstengenerator 589. — Amplidyne-Verstärkermaschine 590. — Rapidyne-Verstärkermaschine 591. — Rototrol-Verstärker- maschinen 591. — Antriebsregelungen mit Rototrol- und Amplidyne- Verstärkermaschinen 595. — Spannungsregelungen von Drehstrom- generatoren 596. — Quersfeldmaschine von Rosenberg 599.	
5.9.2 Die Maschine von Kraemer (Dreifeldmaschine)	600
5.9.3 Streupolgeneratoren	602
5.9.4 Dreileitermaschinen	604
5.9.5 Gleichstrom-Erregermaschinen für Synchronmaschinen	605
Klassische Erregeranordnungen 605. — Spaltpol-Erregermaschinen 605. — Stoßerregung 606. — Erregungszeitkonstante und Erregungs- geschwindigkeit 607. — Entregungsschaltungen 607.	
5.9.6 Unipolarmaschinen	609
5.9.7 Gleichstrom-Klein- und Kleinstmaschinen	613
5.10 Magnetohydrodynamische Generatoren	616
5.10.1 MHD-Generator mit Verbrennungsgasen oder Edelgasplasmen ..	617
5.10.2 MHD-Generator mit flüssigen Metallen	618
5.11 Gleichstrommotor mit geradliniger Bewegung	619
Schrifttum	619
6 Umlaufende Umformer	636
6.1 Mechanische Umformer	636
6.2 Motorgeneratoren	637
6.3 Einankerumformer	638
6.3.1 Aufbau und Wirkungsweise	638
6.3.2 Verhältnis der Gleich- und Wechselspannungen und der Ströme ..	639
6.3.3 Spannungseinstellung	640
Durch Stufentransformatoren, Schubtransformatoren, Drehtrans- formatoren 640. — Durch Zusatzmaschinen 640. — Durch Dossel- spulen 641. — Durch Änderung der Feldform 642. — Abarten des Einankerumformers 642.	
6.3.4 Anlassen	643
6.3.5 Parallellauf	644
6.4 Kaskadenumformer	644
Schrifttum	646
7 Stromwendermaschinen für Wechsel- und Drehstrom	647
7.1 Wechselstromwendermaschinen.....	647
7.1.1 Allgemeines. Der Anker mit Stromwender im Wechselfeld	647
Die Spannung der Drehung 647. — Die Spannung der Transforma- tion 648. — Das Drehmoment 649. — Die Stromwendung 650. — Die Stromwendespannung 651. — Die Wendefeldspannung 653. — Die Quersfeldspannung 653. — Die Spannung der Transformation in der kurzgeschlossenen Spule 654. — Die Funkenspannung 654. — Einfluß der Sättigung und der Nutung auf die Stromwendung 655.	

	Seite
7.1.2 Der Einphasen-Reihenschlußmotor	657
Aufbau 657. — Ersatzstromkreis 658. — Zeigerdiagramm 659. — Kreisdiagramm 661. — Drehmoment 661. — Drehzahlstellung 663. — Nutzbremung und Selbsterregung 663. — Stromwendung 665. — Einphasen-Bahnmotoren für 50 Hz 670. — Mischstrom-, Wellenstrom- und Wellenspannungsmotoren 671. — Universal-motoren 672.	
7.1.3 Der Repulsionsmotor	675
Aufbau 675. — Wirkungsweise des Repulsionsmotors mit ein-fachem Bürstensatz 676. — Drehrichtung und Drehmoment 677. — Drehfeld und synchrone Drehzahl 678. — Stromwendung 679. — Der Repulsionsmotor mit gesehntem Bürstensatz 680. — Der Repulsionsmotor mit doppeltem Bürstensatz (Déri-Motor) 680. — Der Doppel-Repulsionsmotor 681. — Änderung des Bürsten-winkels durch Drehung der Ständerwicklungsachse 682.	
7.2 Drehstromwendermaschinen	682
7.2.1 Allgemeines	682
Der Stromwenderanker im Drehfeld 682. — Stromverteilung im Anker und Erzeugung eines Drehfeldes 684. — Stromwendung 686.	
7.2.2 Der Reihenschlußmotor	687
Aufbau und Allgemeines 688. — Wirkungsweise 689. — Dreh-moment 690. — Drehzahleinstellung 693. — Zeigerdiagramm, Kreisdiagramm 694. — Einfluß verschiedener Windungszahlen im Ständer und Läufer 697. — Der Zwischentransformator 698. — Der Stromwender mit doppeltem Bürstensatz 700. — Die Strom-wendung 701. — Kurze Theorie des Drehstrom-Reihenschluß-motors 701.	
7.2.3 Der Drehstrom-Nebenschlußmotor	705
Aufbau 705. — Wirkungsweise 710. — Leerlauf 712. — Dreh-moment 716. — Kreisdiagramm 720. — Zeigerdiagramm 723. — Anlauf 724. — Läufergespeister Drehstrom-Nebenschlußmotor 726. — Stromwendung 730. — Kompensierte Asynchronmotoren 732.	
Schrifttum	733
8 Kaskadenschaltungen von Induktionsmaschinen mit Stromwendermaschinen .	737
8.1 Das Wesen der Kaskadenschaltungen	737
8.1.1 Drehzahlstellung	737
8.1.2 Verbesserung des Leistungsfaktors	738
8.1.3 Einstellung der Leistung	738
8.2 Gleichstromkaskaden	739
8.2.1 Gleichstromkaskade mit Hintermotor (Drehstrom-Gleichstrom-Kaskade)	739
8.2.2 Gleichstromkaskade mit Umformer (Drehstrom-Gleichstrom-Dreh-strom-Kaskade)	741
8.3 Die Hintermaschinen für Drehstromkommutatorkaskaden ..	742
8.3.1 Der Phasenschieber von Leblanc	744
8.3.2 Der Phasenschieber mit Ständerwicklung	746
8.3.3 Der Frequenzwandler	747
Aufbau und Wirkungsweise 747. — Einstellung der Phasenlage der Stellspannung 749. — Einstellung der Größe der Stellspannung 750.	
8.3.4 Die ständererregten Hintermaschinen	751
8.4 Regel- oder Stellsätze für Blindleistungseinstellung	757
8.5 Steuersätze für Drehzahlstellung	761
8.6 Regelsätze für Leistungsübertragung	765
Schrifttum	773

	Seite
Anhang	776
1 Richtungs- und Vorzeichenregeln	776
Zählpeile und Leistung 778.	
2 Größen, Einheiten und Gleichungen	779
3 Spulenfluß, Induktivität und magnetische Energie	779
Spulenfluß 779. — Induktivität 780. — Magnetische Energie 782.	
4 Drehmoment und Leistung	783
5 Grundgleichungen für elektrische Maschinen	784
Tafel zur geschichtlichen Entwicklung der elektrischen Maschinen und Transformatoren	787
Umlaufende Maschinen	787
Transformatoren	789
Schrifttum	791
Wege zum Schrifttum	791
Werke über das Gesamtgebiet der elektrischen Maschinen	792
Zeitschriften	794
VDE-Vorschriften und Deutsche Normen	794
Österreichische Vorschriften und Merkblätter der Elektrotechnik und ÖNORMEN	796
Veröffentlichungen der Internationalen Elektrotechnischen Commission (IEC)	797
CEE-Publikationen	798
Namen- und Sachverzeichnis	799
1 Transformatoren	799
2 Allgemeines über umlaufende Maschinen	801
3 Induktionsmaschinen	802
4 Synchronmaschinen	804
5 Gleichstrommaschinen	807
6 Umlaufende Umformer	810
7 Stromwendermaschinen für Wechsel- und Drehstrom	811
8 Kaskadenschaltungen von Induktionsmaschinen mit Stromwendermaschinen	812