



Wilfried Hofmann

Elektrische Maschinen

Lehr- und Übungsbuch



Wilfried Hofmann

Elektrische Maschinen

PEARSON

Higher Education

München • Harlow • Amsterdam • Madrid • Boston

San Francisco • Don Mills • Mexico City • Sydney

a part of Pearson plc worldwide

Elektrische Maschinen

Inhaltsverzeichnis

Elektrische Maschinen

Inhaltsübersicht

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 13

Kapitel 1 - Grundlagen der elektromagnetischen
Energiewandlung 15

Lernziele 16

1.1 Feldtheoretische Zusammenhänge 17

 1.1.1 Durchflutungsgesetz 17

 1.1.2 Flussgesetze 25

 1.1.3 Materialgesetze 26

 1.1.4 Magnetfelder 31

 1.1.5 Magnetkreise 37

 1.1.6 Induktionsgesetz 44

 1.1.7 Kraftwirkungsgesetz 51

 1.1.8 Drehmomentbildung 55

1.2 Einteilung elektrischer Maschinen 59

 1.2.1 Einteilung nach der Flussführung 59

 1.2.2 Einteilung nach der Stromart 61

 1.2.3 Einteilung nach der Bewegungsart 61

 1.2.4 Einteilung nach dem Drehzahlverhalten 62

1.3 Leistungs- und Energiebilanz 63

 1.3.1 Leistungsbilanz 63

 Exkurs 66

 1.3.2 Energiebilanz 68

 1.3.3 Wirkungsgrad und Energieeffizienz 75

1.4 Entwurf elektromagnetischer Energiewandler 76

 1.4.1 Ausnutzung 77



Inhaltsverzeichnis

1.4.2 Grundabmessungen	78
Zusammenfassung	83
Literatur	83
Kapitel 2 - Transformatoren	85
Lernziele	86
2.1 Einführung	87
2.2 Einphasentransformatoren	89
2.2.1 Grundprinzip	89
2.2.2 Aufbau und technische Ausführung	90
2.2.3 Beschreibung des Transformators	94
2.2.4 Betriebsverhalten	102
2.2.5 Verluste und Wirkungsgrad	107
2.3 Drehstromtransformatoren	108
2.3.1 Magnetischer Aufbau	108
2.3.2 Elektrische Schaltungen	110
2.3.3 Schaltgruppen	113
2.3.4 Betriebsverhalten des Drehstromtransformators	115
2.4 Spezialtransformatoren	119
2.4.1 Spartransformatoren	119
2.4.2 Stromrichtertransformatoren	122
2.4.3 Streufeldtransformatoren	125
2.4.4 Stelltransformatoren	125
2.4.5 Mittelfrequenztransformatoren	127
2.4.6 Kontaktlose Energieübertragung	128
2.5 Wachstumsgesetze	131
2.6 Messungen an Transformatoren	132
2.6.1 Leerlaufversuch	132
2.6.2 Kurzschlussversuch	134
2.7 Entwurfsgrundlagen	136
2.7.1 Magnetischer Entwurf	136
2.7.2 Elektrischer Entwurf	137
Zusammenfassung	143
Literatur	143
Kapitel 3 - Stromwendermaschinen	145

Inhaltsverzeichnis

Lernziele 146

3.1 Gleichstrommaschinen 147

 3.1.1 Aufbau 147

 3.1.2 Magnetfelderzeugung 153

 3.1.3 Stromwendung 159

 Exkurs 161

 3.1.4 Induzierte Spannung 162

 3.1.5 Drehmoment 166

 3.1.6 Betriebsverhalten 168

 3.1.7 Verluste und Wirkungsgrad 181

3.2 Universalmaschinen 182

 3.2.1 Aufbau 182

 3.2.2 Magnetfelder und Spannungsinduktion 183

 3.2.3 Drehmoment 185

3.3 Einphasen-Wechselstrom-Bahnmotoren 189

 3.3.1 Aufbau 190

 3.3.2 Magnetfelder und Spannungsinduktion 191

 3.3.3 Betriebsverhalten 191

3.4 Entwurf eines Gleichstrommotors 192

 3.4.1 Ausnutzung 192

 3.4.2 Hauptabmessungen 194

 Zusammenfassung 196

 Literatur 196

Kapitel 4 - Grundlagen der Drehfeldmaschinen 197

Lernziele 198

4.1 Magnetfelder 199

4.2 Spannungsinduktion eines Drehfeldes 209

4.3 Drehmomentbildung in Drehfeldmaschinen 215

4.4 Betriebszustände der Drehfeldmaschinen 218

 Zusammenfassung 222

 Literatur 222

Kapitel 5 - Induktionsmaschinen 223

Lernziele 224

Inhaltsverzeichnis

5.1 Konstruktiver Aufbau 225	
5.1.1 Stator 225	
5.1.2 Rotor 227	
5.2 Grundwellenmodell und Ersatzschaltbild 228	
5.3 Kreisdiagramm der Käfigläufermaschine 234	
5.3.1 Stromdiagramme bei 50-Hz-Netzbetrieb 234	
5.3.2 Stromortskurve der streuungsfreien Maschine 239	
5.4 Betriebsverhalten der Käfigläufermaschine 241	
5.4.1 Leistungsbilanz 241	
5.4.2 Drehmoment 242	
5.4.3 Betriebsströme 246	
5.4.4 Verluste 248	
5.4.5 Anlauf 252	
5.4.6 Bremsen 256	
5.4.7 Drehzahlstellung 260	
Exkurs 269	
5.4.8 Asynchrongenerator 271	
5.5 Stromortskurven der Schleifringläufermaschine 275	
5.5.1 Stromortskurven bei passivem Widerstandsbetrieb 276	
5.5.2 Stromortskurven bei Rotorspeisung 276	
5.6 Betriebsverhalten der Schleifringläufermaschine 280	
5.6.1 Leistungsbilanz 280	
5.6.2 Drehmoment 281	
5.6.3 Anlaufen 283	
5.6.4 Bremsen 283	
5.6.5 Drehzahlstellung 285	
5.7 Entwurf 288	
5.7.1 Ausnutzung 288	
5.7.2 Hauptabmessungen 291	
5.7.3 Wicklungsentwurf 291	
Zusammenfassung 294	
Literatur 294	
Kapitel 6 - Synchronmaschinen 295	
Lernziele 296	

Inhaltsverzeichnis

6.1 Aufbau von Synchronmaschinen	297
6.1.1 Anker	297
6.1.2 Rotor	297
6.1.3 Erregereinrichtung	299
6.2 Kühlung	304
6.2.1 Luftkühlung	305
6.2.2 Wasserstoffkühlung	306
6.2.3 Flüssigkeitskühlung	306
6.2.4 Tieftemperaturkühlung für Hochtemperatur-Supraleiter (HTSL)	306
6.3 Prinzipielle Wirkungsweise	307
6.4 Vollpol-Synchronmaschine	308
6.4.1 Magnetfelder	308
6.4.2 Induktionsspannungen	312
6.4.3 Zeigerdiagramm und Ersatzschaltbild	314
6.4.4 Stromortskurve	317
6.4.5 Betriebsverhalten am starren Netz	320
6.4.6 Betriebsverhalten am Inselnetz	328
6.5 Schenkelpol-Synchronmaschine	334
6.5.1 Magnetfelder und Induktionsspannungen	334
6.5.2 Zeigerdiagramm	338
6.5.3 Stromortskurve	339
6.5.4 Betriebsverhalten	341
6.6 Permanentmagneterregte Synchronmaschine	344
6.6.1 Aufbau	344
6.6.2 Magnetfelder	348
6.6.3 Betriebsverhalten bei blockförmiger Stromcommutierung	351
6.6.4 Betriebsverhalten bei sinusförmiger Stromcommutierung	356
6.6.5 Netzgespeiste selbstanlaufende PM-Synchronmaschine	359
6.7 Synchrone Reluktanzmaschinen	361
6.7.1 Aufbau	362
6.7.2 Magnetfelder	363
6.7.3 Betriebsverhalten	364
Zusammenfassung	368
Literatur	369

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 7 - Kleinmaschinen 371

Lernziele 372

7.1 Einphasen-Wechselstrommaschinen 373

7.1.1 Wechselfelder 373

7.1.2 Spannungsinduktion 374

7.1.3 Drehmomentbildung 374

7.1.4 Bauformen und Betriebsverhalten 376

7.1.5 Drehstrommaschine am Einphasennetz 386

7.2 Synchron-Kleinmaschinen 388

7.2.1 Permanentmagnet-Synchronmotor 388

7.2.2 Synchrone Reluktanzmaschine 390

7.2.3 Geschaltete Reluktanzmaschine 394

7.2.4 Hysteresemotor 398

7.3 Schrittmotoren 398

7.3.1 Bauarten 398

7.3.2 Betriebsverhalten 400

7.4 Kommutator-Kleinmaschinen 404

7.4.1 Aufbau 405

7.4.2 Betriebsverhalten 407

Zusammenfassung 414

Literatur 414

Kapitel 8 - Linearmaschinen 415

8.1 Aufbau 416

8.2 Wanderfeld 420

8.3 Asynchroner Linearmotor 422

8.3.1 Aufbau und Wirkungsweise 422

8.3.2 Betriebsverhalten 424

8.4 Synchrone Linearmotor 427

8.4.1 Aufbau und Wirkungsweise 427

8.4.2 Kennwerte 431

8.5 Wachstumsgesetze und Auslegung 432

Zusammenfassung 434

Literatur 434



Inhaltsverzeichnis

Kapitel 9 - Sekundärfunktionen 435

 9.1 Erwärmung und Kühlung 436

 9.1.1 Wärmetransport 436

 9.1.2 Erwärmungsvorgänge 439

 9.1.3 Kühlverfahren und Kühlmittel 442

 9.1.4 Erwärmungsprüfung 445

 9.2 Isolierung 445

 9.2.1 Wicklungsisolierung 446

 9.2.2 Standards zur Isolierung und Spannungsprüfung 448

 Zusammenfassung 448

 Literatur 448

Anhang A - Formelzeichenverzeichnis 449

 A.1 Variable 450

 A.2 Indizes 452

Register 455

Vorwort

Kapitel 1 - Grundlagen der elektromagnetischen
Energiewandlung

Lernziele

1.1 Feldtheoretische Zusammenhänge

 1.1.1 Durchflutungsgesetz

 1.1.2 Flussgesetze

 1.1.3 Materialgesetze

 1.1.4 Magnetfelder

 1.1.5 Magnetkreise

 1.1.6 Induktionsgesetz

 1.1.7 Kraftwirkungsgesetz

 1.1.8 Drehmomentbildung

1.2 Einteilung elektrischer Maschinen

 1.2.1 Einteilung nach der Flussführung

 1.2.2 Einteilung nach der Stromart

Inhaltsverzeichnis

- 1.2.3 Einteilung nach der Bewegungsart
- 1.2.4 Einteilung nach dem Drehzahlverhalten

1.3 Leistungs- und Energiebilanz

- 1.3.1 Leistungsbilanz
- Exkurs
- 1.3.2 Energiebilanz
- 1.3.3 Wirkungsgrad und Energieeffizienz

1.4 Entwurf elektromagnetischer Energiewandler

- 1.4.1 Ausnutzung
- 1.4.2 Grundabmessungen
- Zusammenfassung
- Literatur

Kapitel 2 - Transformatoren

Lernziele

2.1 Einführung

2.2 Einphasentransformatoren

- 2.2.1 Grundprinzip
- 2.2.2 Aufbau und technische Ausführung
- 2.2.3 Beschreibung des Transformators
- 2.2.4 Betriebsverhalten
- 2.2.5 Verluste und Wirkungsgrad

2.3 Drehstromtransformatoren

- 2.3.1 Magnetischer Aufbau
- 2.3.2 Elektrische Schaltungen
- 2.3.3 Schaltgruppen
- 2.3.4 Betriebsverhalten des Drehstromtransformators

2.4 Spezialtransformatoren

- 2.4.1 Spartransformatoren
- 2.4.2 Stromrichtertransformatoren
- 2.4.3 Streufeldtransformatoren



Inhaltsverzeichnis

2.4.4 Stelltransformatoren

2.4.5 Mittelfrequenztransformatoren

2.4.6 Kontaktlose Energieübertragung

2.5 Wachstumsgesetze

2.6 Messungen an Transformatoren

2.6.1 Leerlaufversuch

2.6.2 Kurzschlussversuch

2.7 Entwurfsgrundlagen

2.7.1 Magnetischer Entwurf

2.7.2 Elektrischer Entwurf

Zusammenfassung

Literatur

Kapitel 3 - Stromwendermaschinen

Lernziele

3.1 Gleichstrommaschinen

3.1.1 Aufbau

3.1.2 Magnetfelderzeugung

3.1.3 Stromwendung

Exkurs

3.1.4 Induzierte Spannung

3.1.5 Drehmoment

3.1.6 Betriebsverhalten

3.1.7 Verluste und Wirkungsgrad

3.2 Universalmaschinen

3.2.1 Aufbau

3.2.2 Magnetfelder und Spannungsinduktion

3.2.3 Drehmoment

3.3 Einphasen-Wechselstrom-Bahnmotoren

3.3.1 Aufbau

3.3.2 Magnetfelder und Spannungsinduktion



Inhaltsverzeichnis

3.3.3 Betriebsverhalten

3.4 Entwurf eines Gleichstrommotors

3.4.1 Ausnutzung

3.4.2 Hauptabmessungen

Zusammenfassung

Literatur

Kapitel 4 - Grundlagen der Drehfeldmaschinen

Lernziele

4.1 Magnetfelder

4.2 Spannungsinduktion eines Drehfeldes

4.3 Drehmomentbildung in Drehfeldmaschinen

4.4 Betriebszustände der Drehfeldmaschinen

Zusammenfassung

Literatur

Kapitel 5 - Induktionsmaschinen

Lernziele

5.1 Konstruktiver Aufbau

5.1.1 Stator

5.1.2 Rotor

5.2 Grundwellenmodell und Ersatzschaltbild

5.3 Kreisdiagramm der Käfigläufermaschine

5.3.1 Stromdiagramme bei 50-Hz-Netzbetrieb

5.3.2 Stromortskurve der streuungsfreien Maschine

5.4 Betriebsverhalten der Käfigläufermaschine

5.4.1 Leistungsbilanz

5.4.2 Drehmoment

5.4.3 Betriebsströme

5.4.4 Verluste

5.4.5 Anlauf



Inhaltsverzeichnis

5.4.6 Bremsen

5.4.7 Drehzahlstellung

Exkurs

5.4.8 Asynchrongenerator

5.5 Stromortskurven der Schleifringläufermaschine

5.5.1 Stromortskurven bei passivem Widerstandsbetrieb

5.5.2 Stromortskurven bei Rotorspeisung

5.6 Betriebsverhalten der Schleifringläufermaschine

5.6.1 Leistungsbilanz

5.6.2 Drehmoment

5.6.3 Anlaufen

5.6.4 Bremsen

5.6.5 Drehzahlstellung

5.7 Entwurf

5.7.1 Ausnutzung

5.7.2 Hauptabmessungen

5.7.3 Wicklungsentwurf

Zusammenfassung

Literatur

Kapitel 6 - Synchronmaschinen

Lernziele

6.1 Aufbau von Synchronmaschinen

6.1.1 Anker

6.1.2 Rotor

6.1.3 Erregereinrichtung

6.2 Kühlung

6.2.1 Luftkühlung

6.2.2 Wasserstoffkühlung

6.2.3 Flüssigkeitskühlung

6.2.4 Tieftemperaturkühlung für Hochtemperatur-Supraleiter (HTSL)



Inhaltsverzeichnis

6.3 Prinzipielle Wirkungsweise

6.4 Vollpol-Synchronmaschine

6.4.1 Magnetfelder

6.4.2 Induktionsspannungen

6.4.3 Zeigerdiagramm und Ersatzschaltbild

6.4.4 Stromortskurve

6.4.5 Betriebsverhalten am starren Netz

6.4.6 Betriebsverhalten am Inselnetz

6.5 Schenkelpol-Synchronmaschine

6.5.1 Magnetfelder und Induktionsspannungen

6.5.2 Zeigerdiagramm

6.5.3 Stromortskurve

6.5.4 Betriebsverhalten

6.6 Permanentmagneterregte Synchronmaschine

6.6.1 Aufbau

6.6.2 Magnetfelder

6.6.3 Betriebsverhalten bei blockförmiger Stromkommutierung

6.6.4 Betriebsverhalten bei sinusförmiger Stromkommutierung

6.6.5 Netzgespeiste selbstanlaufende PM-Synchronmaschine

6.7 Synchrone Reluktanzmaschinen

6.7.1 Aufbau

6.7.2 Magnetfelder

6.7.3 Betriebsverhalten

Zusammenfassung

Literatur

Kapitel 7 - Kleinmaschinen

Lernziele

7.1 Einphasen-Wechselstrommaschinen

7.1.1 Wechselfelder

7.1.2 Spannungsinduktion



Inhaltsverzeichnis

- 7.1.3 Drehmomentbildung
- 7.1.4 Bauformen und Betriebsverhalten
- 7.1.5 Drehstrommaschine am Einphasennetz

7.2 Synchron-Kleinmaschinen

- 7.2.1 Permanentmagnet-Synchronmotor
- 7.2.2 Synchrone Reluktanzmaschine
- 7.2.3 Geschaltete Reluktanzmaschine
- 7.2.4 Hysteresemotor

7.3 Schrittmotoren

- 7.3.1 Bauarten
- 7.3.2 Betriebsverhalten

7.4 Kommutator-Kleinmaschinen

- 7.4.1 Aufbau
- 7.4.2 Betriebsverhalten
- Zusammenfassung
- Literatur

Kapitel 8 - Linearmaschinen

- 8.1 Aufbau
- 8.2 Wanderfeld
- 8.3 Asynchroner Linarmotor
 - 8.3.1 Aufbau und Wirkungsweise
 - 8.3.2 Betriebsverhalten
- 8.4 Synchroner Linarmotor
 - 8.4.1 Aufbau und Wirkungsweise
 - 8.4.2 Kennwerte
- 8.5 Wachstumsgesetze und Auslegung
 - Zusammenfassung
 - Literatur

Kapitel 9 - Sekundärfunktionen



Inhaltsverzeichnis

9.1 Erwärmung und Kühlung

- 9.1.1 Wärmetransport
- 9.1.2 Erwärmungsvorgänge
- 9.1.3 Kühlverfahren und Kühlmittel
- 9.1.4 Erwärmungsprüfung

9.2 Isolierung

- 9.2.1 Wicklungsisolierung
- 9.2.2 Standards zur Isolierung und Spannungsprüfung
- Zusammenfassung
- Literatur

Anhang A - Formelzeichenverzeichnis

A.1 Variable

A.2 Indizes

Register

A

- Abkühlungszeitkonstante 441
- Adiabatische Erwärmung 438
- Anfangsübertemperatur 440
- Ankerdurchflutung 335
- Ankerfeld 310, 336
- Ankerfeldspannung 313, 336
- Ankerrückwirkung 148
- Ankerwicklung 147, 346
- Anlaufkondensator-Motor 380
- Anziehungskräfte 418
- Asynchroner Anlauf 308
- Asynchronlinearmotor 423
- Außenglimmschutz 447
- Außenläufermaschine 299
- Axialflussmaschinen 60

Inhaltsverzeichnis

B

- Bahnmotor 190
- Betriebskondensator 386
- Betriebskondensator-Motor 380
- Bewegungsinduktion 45
- Bewegungsspannung 46
- Blindleistungsmaschinen 323
- Bruchlochwicklungen 346
- Bürsten 147
- Bürstenfeuer 156
- Bürstenlose Stromrichtererregung 302
- Bürstenübergangsverluste 65

D

- Dämpferkäfig 299
- Dämpferstäbe 299
- Dauerkurzschlussstrom 105, 321
- Doppelkammbauweise 420, 423
- Doppelkondensator-Motor 381
- Doppelschlusserregte Gleichstrom- maschine 169
- Drehfelddrehzahl 207
- Drehmoment 56
- Drehstrommaschinen 61
- Drehzahlverhalten 62
- Dreieck-Doppelstern-Schaltung 122
- Dreieck-Gabelschaltung 122
- Dreieckschaltung 111
- Dreiwicklungstransformator 114
- Durchflutung 20
- Durchflutungsgesetz 17
- Durchgangsleistung 120
- Durchzugskühlung 443



Inhaltsverzeichnis

Dynamoblech 27

E

Effizienzgrad 76

Eigenbedarfstransformator 115

Eigenkühlung 442

Einphasenbetrieb 387

Einphasenmaschine mit Hilfswicklung 377

Einphasenmaschine ohne Hilfswicklung 376

Einphasentransformator 89

Einphasen-Wechselstrommaschinen 373

Einzelkammbauweise 420

Eisenkern 90

Eisensättigung 156

Eisenverluste 64, 156

Eisenverluststrom 98, 316

elektromotorische Kraft 44

Elliptisches Drehfeld 205

Endeffekte 432

Endenglimmschutz 447

Endübertemperatur 436

Entmagnetisierung 350

Entmagnetisierungskennlinie 350

Erregerverluste 64

Erregerwicklung 147

Erregerwicklungen 299

Erwärmungszeitkonstante 441

F

Felderregerkurve 32, 200

Feldkonzentration 345

Feldkurve 33, 200

Feldschwächung 156

Inhaltsverzeichnis

Fensterfüllfaktor 137
Flächenmotor 417
Flussgesetze 25
Flüssigkeitskühlung 306
Flusssperren 362
Fremderregte Gleichstrommaschine 169
Fremdkühlung 442
Fünfschenkeltransformator 109

G

Ganzlochwicklungen 346
Gegenfeld 373
Gegenstrombremsen 284
Geschaltete Reluktanzmaschine 394
geschaltete Reluktanzmaschine 304
Gleichstrombremsung 285
Gleichstromerregermaschinen 300
Gleichstrommaschinen 61
Glockenanker 407

H

Halbschritt 400
Halbschritt-Steuerung 403
Hallbach-Magnete 345
Haltemoment 401, 403
Hartmagnete 30
Haupterregermaschine 300
Hauptfeld 311, 337
Hauptfeldspannung 313, 337
Hauptisolierung 446
Hauptreaktanz 314
Hilfserregermaschine 300
Hilfskondensator 379

Inhaltsverzeichnis

Hochspannungsisolierung 446

Hopkinson'sche Gesetz 25

Hybridschrittmotor 399

Hysterese 30

Hysteresearbeit 30

Hysteresemotor 398

Hystereseverluste 65

|

Induktionsgesetz 44

Induktionsspannung 44

Induktor 297

Induzierte Spannung 162

Isolierung 445

K

Kapp'sches Dreieck 101

Kerntransformator 91

Kippkraft 424

Kippschlupf 424

Kirchhoff'sche Gesetze 25

Koerzitivfeldstärke 30

Kommutator 147

Kompensationswicklung 148

Kompoundierung 303

Kondensatormotor 380

kontaktlose Energieübertragung 128

Kraftdichte 75, 431

Kreisdrehfeld 205

Kreislaufkühlung 443

Kupferverluste 64

Kurzschlusserregerstrom 320

Kurzschlussspannung 102



Inhaltsverzeichnis

Kurzschlussversuch 102

Kurzstator 416, 417

L

Lagenwicklung 93

Lagerreibungsverluste 65

Lamellenspannung 162

Längsregelung 126

Langstator 416, 417

Lastverluste 65

Leerlauferregerstrom 320

Leerlaufverluste 65

Leerlaufversuch 102

Leistungsdichte 431

Leistungsfaktor 365

Leistungstransformator 90

Linearmaschinen 61

Lochzahl 347

Air resistance losses 65

Air gap field 31

Air gap developments 406

M

Magnetfluss 24

magnetic Dipole moment 26

magnetic Field density 26

magnetic Polarisation 26

magnetic Moment 26

Magnetisation 26

Magnetising current 236

Magnet motor 388

Mantle transformer 91

Mechanical transformer 115

Inhaltsverzeichnis

- Mikroschritt 400
- Mikroschritt-Steuerung 403
- Mitfeld 373
- Mittelfrequenztransformatoren 127
- Montsinger-Regel 442
- motorspezifische Konstante 164

N

- Nebenschlusspeisung 300
- Netzkupplungstransformator 115
- Niederspannungsisolierung 446
- Normalkräfte 418
- Nutisolation 446

O

- Oberflächenkühlung 443
- Oberflächenmagnete 344
- Öltransformatoren 94
- Ortsnetztransformator 115

P

- Parallelschaltung 118
- Permanentmagnete 30
- Permanentmagneterregung 303
- Permanentmagnetschrittmotor 399
- Permanenzfelddichte 350
- Permeabilitätskonstante 26
- Permeabilitätszahl 27
- p-Feldkurve 351
- Phasenisolierung 446
- Phasenschieberbetrieb 323
- Planarmaschinen 62
- Polbedeckungswinkel 348
- Polformkoeffizienten 338

Inhaltsverzeichnis

Polradfeld 308, 309, 334
Polradfluss 335
Polradspannung 312, 334
Polradwinkel 321
Primärteil 416
Pulsationsmomente 375

Q

Quellenspannung 44
Querfeldspannung 161
Querregelung 126

R

Radialflussmaschinen 59
Radnabenmotor 299
Rautenwicklung 151
Reaktionsteil 422
Regeltransformator 125
Regelwicklung 126
Regulierkennlinien 331
Reihenschlusserregte Gleichstrom- maschine 169
relative Permeabilität 27
Reluktanzmoment 342
Reluktanzschrittmotor 398
Remanenzinduktion 30
Rhombuswicklung 151
Ruheinduktion 44
Rush-Effekt 118

S

Sättigung 27
Sättigungsinduktion 27
Sättigungspolarisation 27
Schaltgruppe 113

Inhaltsverzeichnis

- Scheibenwicklung 93
- Schenkelfüllfaktor 136
- Schenkelpol-Drehmoment 358
- Schenkelpolläufer 297
- Schenkelpol-Synchronmaschine 334
- Schenkligkeit 366
- Schleifenwicklung 150
- Schnellerregung 300
- Schrägregelung 126
- Schrägwicklung 151, 406
- Schrittfehler 403
- Schrittfrequenz 400
- Schrittmoment 402
- Schrittmotor 398
- Schrittverlust 402
- Schrittwinkel 400
- Schrittzahl 400
- Schubkraft 420
- Schwenkwicklung 123
- Sekundärteil 416
- selbstanlaufende permanenterregte Synchronmaschine 359
- Selbsterregte Gleichstrom-Nebenschlussmaschine 169
- Selbsterregung 272, 301
- Selbstinduktionsspannung 46
- Selbstkühlung 442
- Seltene-Erden 30
- Sinusfeldkurve 351
- Sinusfeldpole 298
- Sinusfeldpol-Magnete 344
- Spaltpolmotor 382
- Spaltpolwicklung 398

Inhaltsverzeichnis

- Spannungsprüfung 448
- Spannungs-transformation 46
- Spannungswandler 103
- Spartransformatoren 119
- Spezialtransformatoren 119
- Spulenwicklung 93
- Stammwicklung 126
- statischer Lastwinkel 400
- Steinmetzschaltung 386
- Stelltransformator 125
- Sternschaltung 110
- Stillstandsmoment 407
- Stillstandsstrom 407
- Stoßkurzschlussstrom 106, 321
- Streufeld 31
- Streufeldtransformator 125
- Streufluss 98
- Streureaktanz 317
- Strombelag 32, 199
- Stromblockkommutierung 351
- Stromrichtererregung 300
- Stromrichtertransformator 122
- Stromrichtertransformatoren 122
- Stromwandler 106
- Stromwärmeverluste 64
- Stromwendespannung 161
- synchrone Längsreaktanz 338
- synchrone Querreaktanz 338
- Synchrone Reluktanzmaschine 390
- synchrone Reluktanzmaschine 304
- synchronen Moment 342

Inhaltsverzeichnis

- Synchronisation 308
- Synchronisiereinrichtung 308
- Synchronlineararmotor 428
- Synchronreaktanz 314

T

- T-Anker 406
- Texturblech 90
- Tieftemperaturkühlung 306
- Transrapid 431
- Transversalflussmaschinen 60
- Trockentransformator 94
- Trommelwicklung 148
- Typenleistung 120

U

- Übererregung 321
- Übersetzungsverhältnis 95
- Übertemperatur 436
- Ummagnetisierungsverluste 64, 97
- Universalmotoren 182
- Untererregung 321

V

- Vergrabene Magnete 345
- Verteilungstransformator 115
- V-Kurven 327
- Vollpol-Drehmoment 358
- Vollpolläufer 297
- Vollpol-Synchronmaschinen 308
- Vollschrift 400
- Vollschrift-Steuerung 403

W

Inhaltsverzeichnis

Wachstumsgesetze 432
Wanderfeld 420
Wärmekapazität 436
Wärmeleitfähigkeit 436
Wärmeleitung 437
Wärmestrom 436
Wärmeübergang 437
Wärmeübergangszahl 438
Wasserstoffkühlung 306
Wechselfeld 205, 373
Wechselstrommaschinen 61
Wellengenerator 300
Wellenwicklung 150
Wendefeldspannung 161
Wendepole 148
Wendepolwicklung 148
Wicklungsfaktor 47
Windungsisolierung 446
Wirbelstromverluste 65
Wirkungsgrad 75

Z

Zickzack-Schaltung 112
Zusatzverluste 65
Zweswicklungstransformator 114
Zylindermotor 418
Zylindermotore 417
Zylinderwicklung 93

Ins Internet: Weitere Infos zum Buch, Downloads, etc.

Copyright



Pearson

Copyright

Daten, Texte, Design und Grafiken dieses eBooks, sowie die eventuell angebotenen eBook-Zusatzdaten sind urheberrechtlich geschützt. Dieses eBook stellen wir lediglich als **persönliche Einzelplatz-Lizenz** zur Verfügung!

Jede andere Verwendung dieses eBooks oder zugehöriger Materialien und Informationen, einschließlich

- der Reproduktion,
- der Weitergabe,
- des Weitervertriebs,
- der Platzierung im Internet, in Intranets, in Extranets,
- der Veränderung,
- des Weiterverkaufs und
- der Veröffentlichung

bedarf der **schriftlichen Genehmigung** des Verlags. Insbesondere ist die Entfernung oder Änderung des vom Verlag vergebenen Passwortschutzes ausdrücklich untersagt!

Bei Fragen zu diesem Thema wenden Sie sich bitte an: info@pearson.de

Zusatzdaten

Möglicherweise liegt dem gedruckten Buch eine CD-ROM mit Zusatzdaten bei. Die Zurverfügungstellung dieser Daten auf unseren Websites ist eine freiwillige Leistung des Verlags. **Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.**

Hinweis

Dieses und viele weitere eBooks können Sie rund um die Uhr und legal auf unserer Website herunterladen:

<http://ebooks.pearson.de>