



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	Permanentmagnetenerregte Synchronmaschine	344
6.6.1	Aufbau	344
6.6.2	Magnetfelder	348
6.6.3	Betriebsverhalten bei blockförmiger Stromkommutierung	351
6.6.4	Betriebsverhalten bei sinusförmiger Stromkommutierung	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 Synchroner 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 Linearmotor

- 8.3.1 Aufbau und Wirkungsweise
- 8.3.2 Betriebsverhalten

### 8.4 Synchroner Linearmotor

- 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

Asynchronearmotor 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  
Gleichstromerregemaschinen 300  
Gleichstrommaschinen 61  
Glockenanker 407

## H

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

# Inhaltsverzeichnis

Hochspannungsisolierung 446

Hopkinson'sche Gesetz 25

Hybridschrittmotor 399

Hysteresese 30

Hysteresearbeit 30

Hysteresemotor 398

Hystereseverluste 65

## I

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

Kurzschlussregerstrom 320

Kurzschlussspannung 102

# Inhaltsverzeichnis

Kurzschlussversuch 102

Kurzstator 416, 417

## L

Lagenwicklung 93

Lagerreibungsverluste 65

Lamellenspannung 162

Längsregelung 126

Langstator 416, 417

Lastverluste 65

Leerlauferergerstrom 320

Leerlaufverluste 65

Leerlaufversuch 102

Leistungsdichte 431

Leistungsfaktor 365

Leistungstransformator 90

Linearmaschinen 61

Lochzahl 347

Luftreibungsverluste 65

Luftspaltfeld 31

Luftspaltwicklungen 406

## M

Magnetfluss 24

magnetische Dipolmoment 26

magnetische Felddichte 26

magnetische Polarisierung 26

magnetisches Moment 26

Magnetisierung 26

Magnetisierungsstrom 236

Magnetläufermotor 388

Manteltransformator 91

Maschinentransformator 115

# Inhaltsverzeichnis

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

## N

Nebenschlussspeisung 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
Steinmetzschtaltung	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  
Synchronlinearmotor 428  
Synchronreaktanzen 314

## T

T-Anker 406  
Texturblech 90  
Tieftemperaturkühlung 306  
Transrapid 431  
Transversalfeldmaschinen 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  
Vollschritt 400  
Vollschritt-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  
Zweiwicklungstransformator 114  
Zylindermotor 418  
Zylindermotore 417  
Zylinderwicklung 93

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

# 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](mailto: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>**