

**Andreas Kremser**

# **Elektrische Maschinen und Antriebe**

## **Grundlagen, Motoren und Anwendungen**

3., überarbeitete und erweiterte Auflage 2008

Mit 139 Abbildungen und 17 Beispielaufgaben mit Lösungen



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Gleichstrommaschinen</b>	<b>7</b>
2.1	Induktionsgesetz	7
2.2	Ankerwicklungen von Gleichstrommaschinen	10
2.3	Spannungsgleichung der Gleichstrommaschine	13
2.4	Nebenschlussverhalten	15
2.5	Reihenschlussverhalten	21
2.6	Aufbau der Gleichstrommaschine	24
2.7	Schutzarten, Bauformen, Wärmeklassen	26
2.8	Stromwendung	27
2.9	Anschlussbezeichnungen und Schaltbilder	28
2.10	Das Luftspaltfeld der Gleichstrommaschine	29
2.11	Segmentspannung	33
2.12	Stromrichterspeisung von Gleichstrommaschinen	35
2.13	Dynamisches Verhalten der Gleichstrommaschine	38
2.14	Universalmotoren	42
<b>3</b>	<b>Transformatoren</b>	<b>43</b>
3.1	Spannungsgleichungen des Einphasentransformators	43
3.2	Leerlauf des Einphasentransformators	45
3.3	Kurzschluss des Einphasentransformators	49
3.4	Einphasentransformator bei Belastung	51
3.5	Eisenkerne von Einphasen- und Drehstromtransformatoren	54
3.6	Wicklungsausführungen	55
3.7	Spannungsgleichungen des Drehstromtransformators	56
3.8	Parallelbetrieb von Transformatoren	59
3.9	Schaltvorgänge bei Einphasentransformatoren	60
3.9.1	Zuschalten eines leer laufenden Transformators an das starre Netz	60
3.9.2	Kurzschluss des leer laufenden Transformators	61
3.10	Schaltgruppen von Drehstromtransformatoren	62
3.11	Unsymmetrische und einphasige Belastungen von Drehstromtransformatoren	63
3.12	Spartransformatoren	65
<b>4</b>	<b>Asynchronmaschinen</b>	<b>67</b>
4.1	Wicklungen von Asynchronmaschinen	68
4.1.1	Wechselstromwicklungen	68
4.1.2	Drehstromwicklungen	71
4.2	Ständerfrequenz, Läuferfrequenz, Schlupf	74
4.3	Ersatzschaltbild der Asynchronmaschine	75
4.4	Vereinfachtes Ersatzschaltbild der Asynchronmaschine, Stromortskurve	79
4.4.1	Gesetz über die Spaltung der Luftspaltleistung	80

4.4.2	Maßstäbe, Kenngeraden und Parametrierung der Stromortskurve.....	82
4.4.3	Kippmoment, Kippschlupf, Kloss'sche Formel.....	86
4.5	Drehmoment- Drehzahl- Kennlinie .....	88
4.6	Betriebsverhalten von Schleifringläufermotoren .....	91
4.7	Aufbau der Asynchronmaschine.....	95
4.8	Anlauf von Antrieben .....	97
4.9	Umrichterspeisung von Asynchronmaschinen.....	103
4.10	Verluste, Wirkungsgrad.....	109
4.11	Motorerwärmung, Explosionsschutz .....	116
4.12	Asynchrongeneratoren.....	123
4.13	Wechselstromasynchronmotoren.....	126
4.13.1	Beschreibung des Betriebsverhaltens mit Hilfe der Symmetrischen Komponenten .....	127
4.13.2	Steinmetzschtaltung.....	130
4.13.3	eh- Stern- Schaltung .....	135
4.13.4	Zweisträngige Motoren.....	138
<b>5</b>	<b>Synchronmaschinen .....</b>	<b>145</b>
5.1	Luftspaltfeld des Läufers .....	146
5.2	Vollpolmaschine.....	148
5.2.1	Spannungsgleichung und Ersatzschaltbild.....	148
5.2.2	Leerlauf- und Kurzschlusskennlinie .....	150
5.2.3	Potier- Diagramm .....	152
5.2.4	Bestimmung des Nennerergerstroms .....	153
5.2.5	Stromortskurve bei konstantem Erregerstrom .....	154
5.2.6	V- Kurven .....	156
5.2.7	Regulierkennlinien.....	157
5.2.8	Drehmomentgleichung für den Betrieb am starren Netz .....	158
5.2.9	Zweipoliger und einpoliger Dauerkurzschluss.....	158
5.3	Besonderheiten der Schenkelpolmaschine.....	160
5.3.1	Spannungsgleichung.....	160
5.3.2	Zeigerdiagramm.....	161
5.3.3	Drehmomentgleichung für den Betrieb am starren Netz .....	162
5.4	Permanenterregte Synchronmaschinen.....	162
5.5	Anlauf der Synchronmaschine, Synchronisation.....	166
5.6	Stoßkurzschlussstrom .....	166
<b>6</b>	<b>Regelungsstrukturen in der Antriebstechnik .....</b>	<b>168</b>
6.1	Auslegung des Stromreglers nach dem Betragsoptimum .....	170
6.2	Auslegung des Drehzahlreglers nach dem symmetrischen Optimum.....	172
<b>7</b>	<b>Dynamik der Drehmomentübertragung .....</b>	<b>176</b>
7.1	Starr gekuppelte Antriebe .....	176
7.2	Drehelastisch gekuppelte Antriebe .....	179
<b>8</b>	<b>Arbeitsmaschinen .....</b>	<b>185</b>

<b>9</b>	<b>Lösungen der Beispiele .....</b>	<b>187</b>
9.1	Lösung zu Beispiel 2.1 .....	187
9.2	Lösung zu Beispiel 2.2 .....	188
9.3	Lösung zu Beispiel 2.3 .....	188
9.4	Lösung zu Beispiel 3.1 .....	190
9.5	Lösung zu Beispiel 3.2 .....	191
9.6	Lösung zu Beispiel 3.3 .....	191
9.7	Lösung zu Beispiel 4.1 .....	192
9.8	Lösung zu Beispiel 4.2 .....	193
9.9	Lösung zu Beispiel 4.3 .....	195
9.10	Lösung zu Beispiel 4.4 .....	197
9.11	Lösung zu Beispiel 4.5 .....	197
9.12	Lösung zu Beispiel 4.6 .....	201
9.13	Lösung zu Beispiel 5.1 .....	202
9.14	Lösung zu Beispiel 5.2 .....	203
9.15	Lösung zu Beispiel 6.1 .....	204
9.16	Lösung zu Beispiel 7.1 .....	205
9.17	Lösung zu Beispiel 7.2 .....	206
	<b>Formelzeichen.....</b>	<b>207</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>210</b>
	<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>212</b>