

**Andreas Kremser**

# **Elektrische Maschinen und Antriebe**

## **Grundlagen, Motoren und Anwendungen**

2., überarbeitete und ergänzte Auflage

Mit 122 Abbildungen, 10 Tabellen  
und 14 Beispielaufgaben mit Lösungen



B. G. Teubner Stuttgart · Leipzig · Wiesbaden

# 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 leerlaufenden Transformators an das starre Netz	60
3.9.2	Kurzschluss des leerlaufenden 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 AsM, Stromortskurve	79
4.4.1	Gesetz über die Spaltung der Luftspaltleistung	80
4.4.2	Maßstäbe, Kenngeraden und Parametrierung der SOK	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	114
4.12	Asynchrongeneratoren	121
4.13	Wechselstromasynchronmotoren	124
4.13.1	Beschreibung des Betriebsverhaltens mit Hilfe der Symmetrischen Komponenten	125
4.13.2	Steinmetzschtaltung	128
4.13.3	Zweisträngige Motoren	133
<b>5</b>	<b>Synchronmaschinen</b>	<b>140</b>
5.1	Luftspaltfeld des Läufers	141
5.2	Vollpolmaschine	143
5.2.1	Spannungsgleichung und Ersatzschaltbild	143
5.2.2	Leerlauf- und Kurzschlusskennlinie	145
5.2.3	Potier- Diagramm	147
5.2.4	Bestimmung des Nennerergerstroms	148
5.2.5	Stromortskurve bei konstantem Erregerstrom	149
5.2.6	V- Kurven	151
5.2.7	Regulierkennlinien	152
5.2.8	Drehmomentgleichung für den Betrieb am starren Netz	153
5.2.9	Zweipoliger und einpoliger Dauerkurzschluss	153
5.3	Besonderheiten der Schenkelpolmaschine	155
5.3.1	Spannungsgleichung und Ersatzschaltbild	155

Inhaltsverzeichnis	IX
5.3.2 Zeigerdiagramm	156
5.3.3 Drehmomentgleichung für den Betrieb am starren Netz	157
5.4 Permanenterrregte Synchronmaschinen	157
5.5 Anlauf der Synchronmaschine, Synchronisation	161
5.6 Stoßkurzschlussstrom	161
<b>6 Arbeitsmaschinen</b>	<b>163</b>
<b>7 Lösungen der Beispiele</b>	<b>165</b>
7.1 Lösung zu Beispiel 2.1	165
7.2 Lösung zu Beispiel 2.2	166
7.3 Lösung zu Beispiel 2.3	166
7.4 Lösung zu Beispiel 3.1	168
7.5 Lösung zu Beispiel 3.2	169
7.6 Lösung zu Beispiel 3.3	169
7.7 Lösung zu Beispiel 4.1	170
7.8 Lösung zu Beispiel 4.2	171
7.9 Lösung zu Beispiel 4.3	173
7.10 Lösung zu Beispiel 4.4	175
7.11 Lösung zu Beispiel 4.5	175
7.12 Lösung zu Beispiel 4.6	179
7.13 Lösung zu Beispiel 5.1	180
7.14 Lösung zu Beispiel 5.2	181
<b>Formelzeichen</b>	<b>183</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>186</b>
<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>188</b>