Günter dandelon.com
© 2008 AGI-Information Management Consultants
May be used for personal purposes only or by
libraries associated to dandelon.com network.

Elektrische Maschinen

Verlag Berliner Union, Stuttgart
Verlag W. Kohlhammer
Stuttgart Berlin Köln Mainz

Inhaltsverzeichnis

0	**Formelzeichen und Indizes**	11
0.1	Vorbemerkungen	11
0.2	Formelzeichen	12
0.3	Indizes	22
1	**Einleitung** (R. Hanitsch)	25
1.1	Funktionsstruktur von Energiewandlern	26
2	**Gleichstrommaschine** (R. Hanitsch)	29
2.1	Grundprinzip der Energiewandlung	29
2.1.1	Spannungsgleichung	29
2.1.2	Strombelag	34
2.1.3	Drehmoment	36
2.2	Erzeugung gewünschter magnetischer Felder	37
2.3	Aufbau der Gleichstrommaschine – Wicklungen	39
2.3.1	Stromwendung (Kommutierung)	43
2.3.2	Wicklungen	46
2.3.2.1	Schleifenwicklung	48
2.3.2.2	Wellenwicklung	53
2.3.2.3	Kompensationswicklung	55
2.4	Luftspaltfelder	55
2.5	Gleichungen der Gleichstrommaschine	60
2.6	Stationäres Verhalten	62
2.6.1	*I*-Strecken	70
2.6.2	Anlassen eines Gleichstrommotors	74
2.7	Dynamisches Verhalten	75
2.8	Verluste und Wirkungsgrad	78
2.9	Ausgewählte Sonderbauformen	79
2.9.1	Gleichstrom-Kleinmotoren	81
2.9.2	Bürstenlose Gleichstrom-Kleinmotoren	84
3	**Transformator** (R. Hanitsch)	90
3.1	Allgemeines	90
3.1.1	Der ideale Transformator	91
3.2	Ersatzschaltbilder für den realen Transformator	94
3.2.1	Messungen am technischen Transformator	99
3.3	Bauformen und Schaltungen des technischen Transformators	100
3.3.1	Einphasentransformator	100
3.3.2	Spartransformator	104
3.3.3	Drehstromtransformator	107
3.3.3.1	Allgemeines	107
3.3.3.2	Konstruktiver Aufbau	111
3.3.3.3	Transformatorengeräusche	115

3.3.3.4	Schaltungen und Schaltgruppen	116
3.3.3.4.1	Sternpunktbelastbarkeit	119
3.3.3.4.2	Parallelbetrieb von Transformatoren	122
3.4	Verluste und Wirkungsgrad	123
4	**Asynchronmaschine** (G. Gerber)	129
4.1	Konstruktiver Aufbau	129
4.1.1	Aufbau des Ständers (Stator)	129
4.1.2	Aufbau des Läufers (Rotor)	132
4.2	Wirkungsweise	134
4.2.1	Leerlauf	138
4.2.2	Kurzschluß	139
4.3	Gleichungen der Spannungen und Ströme; Ersatzbilder	141
4.4	Hauptabmessungen	144
4.5	Grundlegende Entwurfsgleichungen	146
4.5.1	Leistungsgleichung	146
4.5.2	Flußgleichung	147
4.5.3	Spannungsgleichung	148
4.5.4	Strombelag des Ständers	150
4.5.5	Essonsche Leistungsziffer	150
4.5.6	Magnetischer Kreis	152
4.5.6.1	Flächen und Längen	152
4.5.6.2	Induktionen	155
4.5.6.3	Feldstärken und magnetische Spannungen	156
4.5.6.4	Korrektur des Abplattungsfaktors	157
4.5.6.5	Magnetisierungsstrom	158
4.5.6.6	Verlustleistung im aktiven Eisen (Eisenverluste)	158
4.6	Magnetisches Feld	159
4.6.1	Felderregerkurve	159
4.6.2	Magnetisierungsleistung und Hauptreaktanz	163
4.6.3	Feldkurve	164
4.7	Wicklungsfaktor	165
4.7.1	Zonenfaktor	165
4.7.2	Sehnungsfaktor	168
4.8	Untersuchung der Treppenkurve; Grund- und Oberwellen	168
4.8.1	Gleichfeld	168
4.8.2	Wechselfeld	170
4.8.3	Drehfeld	171
4.9	Die Widerstände der Asynchronmaschine	173
4.9.1	Wirkwiderstände; Verlustleistung in den Wicklungen	173
4.9.1.1	Wirkwiderstand der Ständerwicklung	174
4.9.1.2	Wirkwiderstand der Läuferwicklung	174
4.9.1.3	Verlustleistung in den Wicklungen (Kupferverluste)	176
4.9.2	Blindwiderstände (Reaktanzen)	176
4.9.2.1	Streublindwiderstände (Streureaktanzen)	177
4.9.2.1.1	Ständer-Nutstreuung	177
4.9.2.1.2	Läufer-Nutstreuung	184
4.9.2.1.3	Stirnstreuung	185
4.9.2.1.4	Doppeltverkettete Streuung	186
4.9.2.1.5	Streuung infolge Nutschrägung	189
4.9.2.2	Nutzblindwiderstände (Hauptreaktanzen)	190

4.9.3 Zusammenfassung der Blindwiderstände ... 191
4.9.4 Ideeller Streublindwiderstand ... 191
4.10 Ortskurven und Ersatzbilder ... 193
4.10.1 Asynchronmaschine mit stromverdrängungsfreiem Läufer ... 194
4.10.1.1 Ortskurve der Impedanz $\underline{Z}(s)$ und des Stromes $\underline{I}_1(s) = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}(s)}$ ... 194
4.10.1.2 Übersetzungsverhältnis für Spannungen, Ströme und Widerstände ... 199
4.10.1.3 Ersatzbilder ... 201
4.10.1.3.1 Symmetrisches und unsymmetrisches Ersatzbild ... 201
4.10.1.3.2 Gegenüberstellung der Ersatzbilder ... 204
4.10.1.4 Praktische Berechnung des Übersetzungsverhältnisses ... 206
4.10.1.5 Ossannadiagramm (Ossannakreis) ... 208
4.10.1.5.1 Praktische Aufzeichnung ... 208
4.10.1.5.2 Auswertung ... 212
4.10.1.5.3 Leistungen im Ersatzbild und im Ossannadiagramm ... 217
4.10.2 Asynchronmotor mit Hochstabläufer unter Berücksichtigung des Skineffektes ... 223
4.10.2.1 Einfluß von k_r auf den Wirkwiderstand der Läuferstäbe ... 227
4.10.2.2 Einfluß von k_i auf die Streuung der Läufernuten ... 227
4.10.2.3 Einfluß von k_r und k_i auf die Konstruktion der Ortskurve ... 228
4.10.2.4 Die Ortskurve des Stromes $\underline{I}_1(s)$ ... 228
4.10.3 Asynchronmotor mit Doppelkäfigläufer ... 229
4.10.3.1 Entwicklung des Doppelkäfigs aus dem Einfachkäfig ... 230
4.10.3.2 Ortskurve der Restimpedanz $\underline{Z}_{\text{Rest}}(s)$ und des Stromes $\underline{I}_2^{(1)}(s) = \frac{\underline{U}_{\text{Rest}}}{\underline{Z}_{\text{Rest}}(s)}$ ... 234
4.10.3.2.1 Variation des Ersatzbildes ... 234
4.10.3.2.2 Kissoidale Erzeugung der rationalen zirkularen Kubik ... 237
4.10.3.2.3 Variation der Läufergrößen $X_{\text{u}}^{(1)}$ und u ... 241
4.10.3.2.4 Entwicklung der Ortskurve des Stromes $\underline{I}_2^{(1)}(s)$ aus der Ortskurve der Restimpedanz $\underline{Z}_{\text{Rest}}(s)$ ... 243
4.10.3.3 Die Ortskurve des Stromes $\underline{I}_1(s)$ ... 246
4.11 Verfahren zur Berechnung geschichteter Nutenleiter in Läufern von Asynchronmotoren unter Berücksichtigung des Skineffektes ... 248
4.11.1 Läufer mit L-Stäben ... 249
4.11.2 Läufer mit Doppelkäfig ... 252
4.12 Geschichtete Nutenleiter mit gleichmäßiger Stromverteilung innerhalb der einzelnen Schichten ... 254
4.13 Gleichungen zur Ermittlung von Strom- und Drehmomentenverlauf ... 256

5 **Synchronmaschine** (G. Gerber) ... 258
5.1 Aufbau und Wirkungsweise ... 258
5.1.1 Aufbau des Ständers ... 258
5.1.2 Aufbau des Läufers ... 261
5.1.3 Polschuhform der Schenkelpolmaschine ... 262
5.1.4 Erregerwicklung ... 266
5.1.5 Wirkungsweise ... 266
5.2 Grundlegende Entwurfsgleichungen ... 267
5.2.1 Leistungs-, Fluß- und Spannungsgleichung ... 267
5.2.2 Strombelag des Ständers ... 269
5.2.3 Essonsche Leistungsziffer ... 270

5.2.4	Magnetischer Kreis	270
5.2.4.1	Hinweise zur Berechnung	270
5.2.4.2	Ideelle Eisenlänge	271
5.2.5	Wirk- und Blindwiderstände eines Ständerstranges	271
5.2.6	Streuflüß der Pole	272
5.2.7	Ankerrückwirkung	272
5.3	Stromverteilung im Inneren der Maschine	274
5.4	Wirkung der Pollücke der Schenkelpolmaschine	278
5.4.1	Längs- und Querachse	278
5.4.2	Drehmomente und Ortskurven des Ständerstromes	280
5.5	Vorausberechnung des Erregerbedarfes	283
5.5.1	Binder-Korrektur	284
5.5.2	Erregerdiagramme	286
5.5.2.1	Erregerbedarf eines übererregten Generators, $\cos\varphi = 0{,}8$	287
5.5.2.2	Erregerbedarf für weitere Betriebszustände	289
5.5.2.3	Auswertung	291
5.6	Spannungsdiagramm	294
5.7	Kenngrößen	301

Literaturverzeichnis ... 302

Sachregister ... 307