
Inhalt

Vorwort	IX
1 Grundlagen	1
1.1 Aufbau elektrischer Maschinen	1
1.2 Berechnung elektrischer Maschinen.....	5
1.3 Anforderungen an rotierende elektrische Maschinen	11
1.4 Aufgaben	12
2 Wicklungen	15
2.1 Aufbau und Begriffe	15
2.1.1 Einschichtwicklungen	17
2.1.2 Zweischichtwicklungen	27
2.1.3 Verschaltung von Spulen und Spulengruppen	30
2.1.4 Ausführungen des Wickelkopfs	32
2.1.5 Füllfaktoren	34
2.2 Entwurf von Ganzlochwicklungen	37
2.2.1 Allgemeiner Entwurf mit Hilfe des Nutensterns	37
2.2.2 Vorgehen bei Zweischichtwicklungen.....	42
2.2.3 Vereinfachter Entwurf für Einschichtwicklungen.....	44
2.3 Symmetrische Bruchlochwicklungen	46
2.4 Wicklungsfaktoren	51
2.4.1 Ganzlochwicklungen	51
2.4.2 Bruchlochwicklungen	54
2.4.3 Schrägung und Staffelung.....	56
2.5 Zusammenfassung des Wicklungsentwurfs	58
2.6 Zeichnungen der Wickelschemata	61
2.7 Aufgaben	68

3	Aktive Bauteile	71
3.1	Leiter	71
3.1.1	Kupferlackdraht	71
3.1.2	Formspulen	75
3.1.3	Kurzschlusskäfig	77
3.2	Elektroblech	78
3.2.1	Magnetisierungskurve	80
3.2.2	Verluste	84
3.3	Permanentmagnete	86
3.4	Aufgaben	92
4	Grobdimensionierung	95
4.1	Ausgangspunkt	95
4.1.1	Maschinenkonstanten	95
4.1.2	Leistungsfaktor und Wirkungsgrad	102
4.1.3	Schlupf	106
4.2	Vergleichswerte bei der Auslegung	107
4.3	Festlegung der Abmessungen	110
4.3.1	Bohrungsdurchmesser und Paketlänge	110
4.3.2	Alternative Vorgehensweisen	112
4.3.3	Grenzen des Entwurfs	115
4.3.4	Luftspalt	115
4.3.5	Nutung	117
4.4	Windungszahl	127
4.5	Wachstumsgesetze	128
4.6	Diagramme	130
4.7	Aufgaben	136
5	Magnetischer Kreis	139
5.1	Grundlagen	140
5.2	Magnetischer Fluss	148
5.3	Betrachtung der einzelnen Abschnitte	150
5.3.1	Paketlänge	150
5.3.2	Luftspalt	152

5.3.3	Zahn	154
5.3.4	Joch.....	157
5.3.4.1	Magnetische Flussdichte	157
5.3.4.2	Magnetische Spannung	158
5.3.4.3	Jochentlastung	160
5.4	Permanentenerregter Synchronmotor	163
5.4.1	Allgemeiner magnetischer Kreis	163
5.4.2	Rotorkonfigurationen	166
5.4.3	Luftspaltflussdichte	168
5.5	Vorgehen für den Asynchronmotor	173
5.6	Vorgehen für den permanenterregten Synchronmotor	176
5.7	Aufgaben	179
6	Elemente der Ersatzschaltbilder	181
6.1	Ersatzschaltbilder	181
6.1.1	Klassisches T-Ersatzschaltbild der ASM.....	181
6.1.2	Weitere Ersatzschaltbilder der ASM	186
6.1.3	Ersatzschaltbilder der PMSM	187
6.2	Widerstände	195
6.2.1	Wicklungswiderstand des Stators	195
6.2.2	Rotorwiderstand	197
6.3	Eisenverlustwiderstand	203
6.4	Hauptinduktivität	204
6.5	Längs- und Querinduktivität	205
6.6	Streuinduktivitäten	207
6.6.1	Nutstreuung	208
6.6.2	Wickelkopfstreuung	213
6.6.3	Oberwellenstreuung	214
6.6.4	Zahnkopfstreuung.....	216
6.6.5	Schrägungstreuung	216
6.7	Aufgaben	217

7 Verluste und Wirkungsgrad..... 221

7.1 Einführung 221

7.2 Ohmsche Verluste 222

7.3 Eisenverluste 224

7.4 Mechanische Verluste..... 226

7.5 Zusatzverluste..... 232

7.6 Skalieren der Einzelverluste bei Änderung des Betriebspunkts..... 235

7.7 Aufgaben 237

8 Vollständige Berechnung 239

8.1 Einführung 239

8.2 Vollständige Berechnung des Asynchronmotors 240

8.3 Vollständige Berechnung des permanenterregten Synchronmotors 242

9 Beispielprogramme 247

9.1 Vorbemerkungen..... 247

9.2 Felderregerkurve..... 248

9.3 Magnetisierungskurve von Elektroblech 250

9.4 Stromverdrängung 254

9.5 Nichtlineares Ersatzschaltbild des Asynchronmotors 257

9.6 Magnetischer Kreis des Asynchronmotors 260

10 Lösungen zu den Aufgaben 265

Literatur 281

Nomenklatur 287

Index 291