

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Drehzahlvariabler Asynchronmotor</b>	11
1.1	Allgemeines	11
1.2	Drehzahlstellung durch Frequenzänderung	11
1.2.1	Motor und Stromrichter	11
1.2.2	Drehzahlstellung	12
1.2.3	Drehzahl-Drehmomenten-Kennlinienfeld bei $f$ - $U$ -Stellung	19
1.2.4	Drehzahlstellung durch Änderung der Klemmenspannung	21
1.2.5	Drehzahlstellung durch gepulsten Läuferwiderstand	24
1.2.6	Drehzahlstellung durch Zusatzspannung im Läuferkreis	27
1.2.7	Vergleich von Antrieben	31
<b>2</b>	<b>Frequenz-Spannung-stellbare Asynchronmaschine</b>	33
2.1	Allgemeines	33
2.2	Stromrichterschaltungen	35
2.2.1	Direktumrichter	35
2.2.2	Zwischenkreisstromrichter (ZKS)	36
2.2.3	Gleichrichter des Zwischenkreisstromrichters	37
2.2.4	Zwischenkreis	39
2.2.5	Wechselrichter	42
2.2.5.1	Getakteter Betrieb, Spannungszwischenkreiswechselrichter	43
2.2.5.2	Getakteter Betrieb, Stromzwischenkreiswechselrichter	47
2.2.5.3	Gepulster Betrieb des Spannungszwischenkreiswechselrichters	49
2.3	Harmonische Analyse für Pulsmuster	53
2.4	Vergleich der Harmonischen bei getaktetem und gepulstem Betrieb	54
2.5	Ströme und Spannungen bei Wechselrichterbetrieb	57
2.5.1	Einleitende Bemerkungen	57
2.5.2	Schlupf im Läufer des ASM für Grund- und Oberschwingungen	57
2.5.3	Spannungs- und Stromgleichungen	58
2.5.4	Spannungen beim Stromwechselrichter	63
2.6	Leistungselektronische Bauelemente für Stromrichter	70
2.7	Aktive Filter	81

<b>3</b>	<b>Verfahren zur Erzeugung der Pulsmuster</b> .....	83
3.1	Verfahren und ihre Begründung .....	83
3.2	Modulationsverfahren .....	83
3.3	Pulsweitenmodulation (PWM) .....	84
3.3.1	Sinusförmige Bezugsspannung (Unterschwingungsverfahren) .....	84
3.3.2	Optimierte Pulsweitenmodulation .....	97
3.4	Ermittlung der verketteten und der Leiterspannung .....	101
3.5	Zusammenhang von Netz- und Maschinenspannung .....	113
<b>4</b>	<b>Der stromrichtergerpeiste ASM</b> .....	115
4.1	Einleitung .....	115
4.2	Stromwärmeverluste .....	116
4.2.1	Grundlagen .....	116
4.2.2	Spannungswechselrichter .....	122
4.2.3	Stromwechselrichter .....	124
4.2.4	Berechnung .....	125
4.2.5	Einfluss der Stromverdrängung .....	128
4.2.6	Bestimmung des Faktors $k_{rV}$ .....	133
4.2.7	Bestimmung des Faktors $k_{iV}$ .....	134
4.2.8	Einfluss des Nutschlitzes auf die Stromwärmeverluste .....	138
4.2.9	Nutgeometrie und Stromwärmeverluste .....	140
4.3	Berechnung der Oberschwingungsströme .....	142
4.4	Ummagnetisierungsverluste .....	144
4.5	Motorverluste .....	145
4.6	Verluste, Erwärmung, zulässiges Moment .....	148
<b>5</b>	<b>Moment des stromrichtergerpeisten ASM</b> .....	153
5.1	Moment beim Stromzwischenkreiswechselrichter .....	153
5.2	Moment beim Spannungszwischenkreiswechselrichter .....	158
5.3	Mathematische Darstellung des Moments .....	160
5.4	Programm zur Bestimmung der Verluste und Pendelmomente .....	170
5.4.1	Zielstellung .....	170
5.4.2	Das Programm .....	170
5.4.3	Berechnung und Ausgaben .....	173
<b>6</b>	<b>Betrieb des ASM am Wechselrichter</b> .....	177
6.1	Frequenz-Spannung-Regime .....	177
6.2	Verluste und Moment .....	182

---

6.3	Wirkungsgrad des Antriebs . . . . .	187
6.4	Schaltfrequenzen und Verluste . . . . .	189
6.5	Optimierung des Pulsmusters . . . . .	190
6.6	Weitere Wege zur Reduktion der Pendelmomente. . . . .	190
<b>7</b>	<b>Geregelter Antrieb mit ASM . . . . .</b>	<b>191</b>
7.1	Allgemeines . . . . .	191
7.2	ASM in Raumzeigerdarstellung . . . . .	192
7.2.1	Festlegungen . . . . .	192
7.2.2	Begriff des Raumzeigers . . . . .	193
7.2.3	Leistung in Raumzeigerdarstellung . . . . .	195
7.2.4	Spannungsgleichungen in Raumzeigerdarstellung . . . . .	196
7.2.5	Moment in Raumzeigerdarstellung . . . . .	198
7.3	Park-Transformation . . . . .	204
7.4	Gleichungen des ASM in normierter Form . . . . .	208
7.5	Spannungsgleichungen in verschiedenen Bezugssystemen . . . . .	211
7.5.1	Statorfestes System $\omega^k = 0$ ( $\alpha, \beta, 0$ -Komponenten) . . . . .	213
7.5.2	Rotorfestes System $\omega = \omega^k$ ( $d, q, 0$ -Komponenten) . . . . .	214
7.5.3	Drehfeldfestes System $\omega = \omega_1$ ( $x, y, 0$ -Komponenten) . . . . .	216
7.6	Signalflussbild des ASM im drehfeldfesten Koordinatensystem . . . . .	217
7.7	Koordinatentransformation . . . . .	224
7.8	Systembeschreibung . . . . .	230
7.9	Vereinfachte Regelung des ASM . . . . .	242
7.10	Direkte Selbstregelung . . . . .	248
7.11	Parameter der Asynchronmaschine . . . . .	251
7.11.1	Einführung . . . . .	251
7.11.2	Parameter . . . . .	252
7.11.3	Abhängigkeit der Parameter von physikalischen Effekten . . . . .	253
7.11.4	Parameterempfindlichkeit . . . . .	255
7.11.5	Parameterbestimmung der Asynchronmaschine aus den Typenschildangaben . . . . .	256