

Stromrichter gespeiste Drehstromantriebe

Theorie und Betriebsverhalten
von Asynchronantrieben

Inhaltsverzeichnis

1	Drehzahlvariabler Asynchronmotor	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
2	Frequenz-Spannung-stellbare Asynchronmaschine	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

3	Verfahren zur Erzeugung der Pulsmuster	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
4	Der stromrichter gespeiste ASM	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_{TV}	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
5	Moment des stromrichter gespeisten ASM	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
6	Betrieb des ASM am Wechselrichter	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
7	Geregelter Antrieb mit ASM	191
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