

Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Hinweise	XIV
Formelzeichen-Übersicht	XV
1. Stromrichter für Drehfeldmaschinen	1
1.1 Übersicht	1
1.2 Umrichter mit Spannungszwischenkreis	2
1.2.1 Umrichter mit veränderlicher Zwischenkreisspannung	3
1.2.2 Umrichter mit konstanter Zwischenkreisspannung	7
1.3 Umrichter mit Stromzwischenkreis	9
1.4 Direktumrichter	14
2. Die Asynchronmaschine mit Stromrichter	18
2.1 Übersicht	18
2.2 Die Asynchronmaschine mit Spannungszwischenkreis-Umrichter	20
2.2.1 Die Ortskurve der Grundschrwingungen	20
2.2.2 Der Stromverlauf einschlieBlich der Oberschrwingungen	26
2.2.2.1 Berechnung durch Superposition	26
2.2.2.2 Geschlossene Berechnung	28
2.2.2.3 Zahlenbeispiel	31
2.2.3 Betrieb mit gepulster Spannung	34
2.2.4 Auswirkungen der Oberschrwingungen	37
2.2.4.1 EinfluB der Schaltung	37
2.2.4.2 Zusätzliche Verluste	39
2.2.4.3 Drehmomentpulsationen	42
2.2.4.4 Magnetische Geräusche	43
2.2.5 Transientes Verhalten der Maschine	46
2.3 Die Asynchronmaschine mit Stromzwischenkreis-Umrichter	59
2.3.1 Die Ortskurve der Grundschrwingungen	59
2.3.2 Der vollständige Verlauf von Strom und Spannung	61
2.3.2.1 Näherungsrechnung	61
2.3.2.2 Genauere Rechnung	67
2.3.2.3 Zahlenbeispiel	71
2.3.3 Betrieb mit gepulstem Strom	76
2.3.4 Auswirkungen der Oberschrwingungen	77
2.3.4.1 EinfluB der Schaltung	77
2.3.4.2 Zusätzliche Verluste	79
2.3.4.3 Drehmomentpulsationen	81
2.3.4.4 Magnetische Geräusche	83
2.3.5 Transientes Verhalten der Maschine	83
2.4 Die doppelt gespeiste Asynchronmaschine (Kaskadenschaltungen)	91

2.4.1	Betrieb mit fester Statorfrequenz	92
2.4.2	Betrieb mit fester Rotorfrequenz	97
2.5	Die untersynchrone Stromrichteraskade	99
2.5.1	Wirkungsweise	99
2.5.2	Angenäherte Berechnung des Betriebsverhaltens	102
2.5.3	Die Kommutierung als Schaltvorgang	106
2.5.4	Zahlenbeispiel	112
2.5.5	Auswirkungen der Oberschwingungen	114
2.6	Bemessung von umrichter gespeisten Asynchronmaschinen	120
3.	Die Synchronmaschine mit Stromrichter	123
3.1	Übersicht	123
3.2	Die maschinengeführte Kommutierung	124
3.2.1	Angenäherte Berechnung	124
3.2.2	Genauere Theorie der Kommutierung	132
3.3	Das Betriebsverhalten der Synchronmaschine mit ZK-Umrichter	135
3.3.1	Einführung	135
3.3.2	Die Maschine mit Polradlagegeber	138
3.3.2.1	Die Vollpolmaschine ohne magnetische Sättigung	138
3.3.2.2	Die Einzelpolmaschine mit magnetischer Sättigung	142
3.3.3	Die Maschine mit Spannungssteuerung	150
3.3.3.1	Die Vollpolmaschine ohne magnetische Sättigung	150
3.3.3.2	Die Einzelpolmaschine mit magnetischer Sättigung	151
3.3.4	Kombinierte Steuerungen	152
3.3.5	Die fremdgesteuerte Maschine	155
3.3.5.1	Die statischen Betriebskennlinien	155
3.3.5.2	Die dynamische Stabilität des Betriebes	160
3.3.6	Anlaufverfahren	160
3.3.6.1	Drehzahluntergrenze für maschinengeführte Kommutierung	160
3.3.6.2	Selbstanlauf des Stromrichtermotors ohne Kommutierungshilfe	168
3.3.6.3	Anlauf mit Kommutierungshilfe	172
3.4	Die Synchronmaschine mit Direktumrichter	174
3.5	Die Synchronmaschine mit Umrichter mit unterdrücktem Zwischenkreis	179
3.6	Auswirkungen der Oberschwingungen	180
3.7	Synchronmaschinen mit wicklungslosem Läufer	182
3.7.1	Gleichpolmaschine nach Schmidt/Lorenz	182
3.7.2	Gleichpolmaschine nach Arco	183
4.	Transientes Verhalten von Drehfeldmaschinen	185
4.1	Komplexe Raumzeiger	185
4.1.1	Einführung	185
4.1.2	Vergleich zwischen Raumzeiger und Zeitzeiger	189
4.1.3	Ströme und Flußverkettungen	191
4.1.4	Komplexe Spannungsgleichungen in ruhenden und in rotierenden Koordinatensystemen	196
4.1.5	Das Drehmoment und die Bewegungsgleichung	201
4.1.6	Das Nullstromsystem	204
4.1.7	Oberwellen und Oberschwingungen	206
4.1.8	Behandlung der Verluste beim Vergleich von Rechnung und Messung	210
4.2	Gleichungssysteme für die Asynchronmaschine	211
4.2.1	Das statorfeste System ($\alpha, \beta, 0$ -System)	211

4.2.2 Das rotorfeste System ($d, q, 0$ -System)	213
4.2.3 Das drehfeldfeste System ($x, y, 0$ -System)	215
4.2.4 Der stationäre Betrieb in Raumzeigerdarstellung	217
4.2.5 Einschalten einer laufenden Asynchronmaschine	221
4.3 Das Gleichungssystem für die Synchronmaschine	225
4.3.1 Die Grundgleichungen im $d, q, 0$ -System	225
4.3.2 Andere gebräuchliche Bezeichnungssysteme	230
4.3.3 Der stationäre Betrieb in Raumzeigerdarstellung	232
4.3.4 Systemgleichungen im Bildbereich und Reaktanzoperatoren	235
4.3.5 Veränderliche Drehzahl und magnetische Sättigung	241
Anhang 1: Zum Rechnen mit normierten Größen	249
Anhang 2: Laplace-Transformation	253
Anhang 3: Matrizenrechnung	258
Schrifttum	269
Sachverzeichnis	275