

# Inhaltsverzeichnis

Formelzeichenverzeichnis	9
0. Einführung	11
0.1. Vorbemerkungen	11
0.2. Umrichterkonzepte	12
0.3. Bildung der Ausgangsspannung beim Spannungswechselrichter	13
0.3.1. Getakteter Betrieb	13
0.3.2. Pulsbetrieb	15
1. Allgemeine Beschreibung des Betriebsverhaltens der Dreiphasen-Asynchronmaschine	17
1.1. Grundlagen der analytischen Behandlung	17
1.2. Allgemeines Gleichungssystem	18
1.3. Einführung komplexer Augenblickswerte	20
1.4. Allgemeine Beschreibung des Betriebsverhaltens in einem gemeinsamen Koordinatensystem	22
1.5. Komponentendarstellung der allgemeinen Beschreibung des Betriebsverhaltens in einem gemeinsamen Koordinatensystem	25
1.6. Behandlung des stationären Betriebs am symmetrischen Netz sinusförmiger Spannungen	26
1.7. Linearisierung des Gleichungssystems	29
1.8. Zustandsbeschreibung	32
1.9. Koordinatentransformationen	33
2. Verhalten der Dreiphasen-Asynchronmaschine bei Stromrichterspeisung	35
2.1. Ströme, Spannungen und Flußverkettungen	35
2.2. Drehmoment	38
2.3. Verlustleistungen	40
2.3.1. Beeinflussung der Verlustleistungen der Grundswingungsgrößen	40
2.3.2. Verlustleistungen durch Oberschwingungen	42
2.4. Thermische Grenzkennlinien	44
3. Die Asynchronmaschine als Regelstrecke	46
3.1. Spannungssteuerung der Asynchronmaschine	46
3.1.1. Allgemeine Beziehungen	46
3.1.2. Betrieb mit konstanter Ständerflußverkettung	50
3.1.3. Betrieb mit konstanter Läuferflußverkettung	53
3.2. Stromsteuerung der Asynchronmaschine	55
3.2.1. Allgemeine Beziehungen	55
3.2.2. Betrieb mit konstanter Läuferflußverkettung	58
3.3. Der stationäre Betrieb bei konstanter Flußverkettung	58
4. Stellglieder - Eigenschaften und Dimensionierung	62
4.1. Thyristorumrichter mit Gleichspannungszwischenkreis	62
4.1.1. Überblick über die wichtigsten Lösungsverfahren	62

4.1.2.	Berechnung der Löschkreise	63
4.1.2.1.	Voraussetzungen	63
4.1.2.2.	Einzellöschung	64
4.1.2.3.	Phasenlöschung	66
4.1.2.4.	Summenlöschung	68
4.1.2.5.	Summenlöschung mit Zusatzspannung	70
4.1.2.6.	Einzellöschung mit Zusatzspannung	72
4.1.2.7.	Phasenfolgelöschung	74
4.1.3.	Dimensionierung der Wechselrichterventile	76
4.1.4.	Wechselrichter mit abschaltbaren Thyristoren	79
4.1.4.1.	Ansteuerung	80
4.1.4.2.	Ausschaltverhalten	81
4.1.4.3.	Schutzprobleme	82
4.1.5.	Umrichter mit Transistoren	82
4.1.5.1.	Schaltungsvarianten des Leistungskreises	83
4.1.5.2.	Dimensionierung der Transistorschalter	85
4.1.5.3.	Basisansteuerung	87
4.1.5.4.	Netzwerke zur Schaltentlastung	89
4.1.5.5.	Nachrechnung der dimensionierten Transistorschalter	93
4.1.5.6.	Schutzprobleme	94
4.1.6.	Zwischenkreiskondensator	95
4.2.	Thyristorumrichter mit Gleichstromzwischenkreis	96
4.2.1.	Überblick über die wichtigsten Löschverfahren	96
4.2.2.	Berechnung der Löschvorgänge	97
4.2.3.	Berechnung der Löschkapazitäten	101
4.2.4.	Vergleich der Löscheinrichtungen des Stromwechselrichters mit denen eines Spannungswechselrichters	102
4.2.5.	Löschdrossel	104
4.2.6.	Zwischenkreisdrossel	104
4.2.7.	Dimensionierung der Ventile	107
5.	Signalverarbeitung in Umrichtern	109
5.1.	Steuerverfahren	109
5.2.	Steuerung von Spannungswechselrichtern	109
5.2.1.	Getakteter Betrieb	109
5.2.2.	Gepulster Betrieb	111
5.2.2.1.	Symmetrische Pulsbreitenmodulation	112
5.2.2.2.	Unterschwingungsverfahren	113
5.2.3.	Optimierter Pulsbetrieb	113
5.2.3.1.	Analyse der Spannungsform	114
5.2.3.2.	Ermittlung von Zündmustern für minimierte zusätzliche Stromwärmeverluste	116
5.2.3.3.	Ermittlung von Zündmustern für das Unterschwingungsverfahren	118
5.2.3.4.	Elimination von Harmonischen	118
5.2.3.5.	Vergleich der Verfahren	119
5.2.4.	Schaltungen zur Signalverarbeitung	120
5.2.4.1.	Universeller Ansteuerautomat	120
5.2.4.2.	Ansteuerung mit Mikrorechner	123
5.3.	Steuerung von Stromwechselrichtern	127
5.3.1.	Anforderungen an die Steuerung	127
5.3.2.	Getakteter Betrieb	128
5.3.3.	Pulsbetrieb	129
5.3.3.1.	Prinzip des Verfahrens	129
5.3.3.2.	Optimierte Zündmuster	130
5.3.4.	Ansteuerung mit Mikrorechner	133

6.	Regelung	138
6.1.	Analoge Regelung	138
6.1.1.	Spannungsgesteuerte Asynchronmaschine	139
6.1.1.1.	Grundsätzliche Regelstrukturen für konstante Ständerflußver- kettung bei quasistationärem Betrieb	139
6.1.1.2.	Übertragungsverhalten des Spannungszwischenkreises	139
6.1.1.3.	Spannungsregelung mit unterlagerter Stromregelung	142
6.1.1.4.	Störgrößenaufschaltung	143
6.1.2.	Drehzahlregelung mit unterlagerter Stromregelung	144
6.1.3.	Stromgesteuerte Asynchronmaschine	146
6.1.3.1.	Möglichkeiten zur Stromeinprägung	146
6.1.3.2.	Stromeinprägung durch Spannungswechselrichter	146
6.1.3.3.	Stromeinprägung durch Stromwechselrichter	150
6.1.4.	Feldorientierte Regelung	156
6.1.4.1.	Prinzip	156
6.1.4.2.	Regelstrukturen	161
6.1.5.	Steuerung der Läuferflußverkettung	162
6.2.	Digitale Regelung	163
6.2.1.	Zustandsbeschreibung diskontinuierlicher Systeme	163
6.2.2.	Zeitdiskrete Zustandsgleichungen der Asynchronmaschine	165
6.2.3.	Stromregelung	168
6.2.3.1.	Zweipunktregelung	168
6.2.3.2.	Stromkomponentenregelung	170
6.2.4.	Drehzahlregelung	172
6.2.4.1.	PI-Regelung	172
6.2.4.2.	PID-Regelung	173
6.2.4.3.	Schrittoptimale Regelung	174
6.2.4.4.	Drehzahlregelung mit Parameteradaption	175
6.2.5.	Aufbau einer digitalen Signalverarbeitung	177
6.2.5.1.	Funktionsaufteilung	177
6.2.5.2.	Beispiel einer durchgängig digitalen Signalverarbeitung	179
6.2.6.	Regelungskonzept beim Einsatz von Mikrorechnern	184
	Literaturverzeichnis	186
	Sachwörterverzeichnis	193