

Inhalt

Einführung	9
Problembeschreibung	11
1 Grundlagen der Stromrichter-Schaltungslehre (Bilder 1–12)	13
1.1 Aufbau des Stromrichters	13
1.2 Stromrichterventile	13
1.3 Dioden	13
1.4 Thyristoren	14
1.5 Transistoren	14
1.6 Ventilwirkung – Einpulsstromrichter	15
1.7 Zweipulsstromrichter	16
1.8 Sechspulsstromrichter	17
1.9 Zwölfpulsstromrichter	19
1.10 Mittelpunkt-Stromrichterschaltungen	19
1.11 Kommutierung	21
1.12 Drehstromsteller	23
1.13 Umrichter	25
1.14 Literatur	26
2 Grundsätzliches über Stromrichter-Netzrückwirkungen (Bilder 13–18)	27
2.1 Allgemeines	27
2.2 Physikalische Betrachtungsweise der Spannungsverzerrung	27
2.3 Mathematische Betrachtungsweise der Spannungsverzerrung	30
2.4 Harmonische Analyse	31
2.5 Zusammenhang zwischen Strom- und Spannungsüberschwingungen	33
2.6 Vorbemerkung zur Stromrichter-Blindleistung	35
2.7 Wahrscheinlichkeiten	36
2.8 Bedeutung der Stromrichterschaltung und des Steuerverfahrens	37
3 Oberschwingungen der Drehstrom-Brückenschaltung (Bilder 19–48)	39
3.1 Allgemeines über Theorien	39
3.2 Oberschwingungen des idealen Stromrichters	41
3.2.1 Induktivität und Gegenspannung als Last	41
3.2.2 Ohmsche Last	45
3.3 Konventionelle Oberschwingungstheorie	46
3.3.1 Grundsätzliches	46
3.3.2 Netzstrom-Oberschwingungen	47
3.3.3 Netzspannungs-Oberschwingungen	51

3.3.4	Gleichspannungs-Oberschwingungen	55
3.4	Oberschwingungen bei Stromrichter mit endlicher Lastinduktivität	56
3.4.1	Grundsätzliches	56
3.4.2	Gleichstrom-Oberschwingungen	59
3.4.3	Netzstrom-Oberschwingungen	61
3.4.4	Netzspannungs-Oberschwingungen	66
3.5	Oberschwingungen bei nichtstationären Zuständen	67
3.5.1	Grundsätzliches	67
3.5.2	Stromänderung bei konstantem Steuerwinkel	68
3.5.3	Steuerwinkerverschiebung bei konstantem Gleichstrom	68
3.6	Oberschwingungen im asymmetrischen Netz	71
3.7	Halbgesteuerte Drehstrom-Brückenschaltung	73
3.8	Gleichspannung-Drehstrom-Wechselwirkung	73
3.9	Einfluß der Transformatorschaltung	76
4	Oberschwingungen des Drehstromstellers (Bilder 49–55)	79
4.1	Allgemeines	79
4.2	Oberschwingungen des Drehstromstellers mit Anschnittsteuerung ..	79
4.3	Schwingungspaket-Steuerung	84
4.4	Pulsbreiten-Steuerung	86
5	Umrichter-Oberschwingungen (Bilder 56–67)	89
5.1	Grundsätzliches	89
5.2	N-Umrichter	89
5.3	I-Umrichter	92
5.4	U-Umrichter	92
5.5	Direkt-Umrichter	93
5.6	Umrichter in Kaskadenschaltung	99
6	Oberschwingungen des Zwölfpulsstromrichters (Bilder 68–83)	105
6.1	Allgemeines	105
6.2	Oberschwingungen des idealen Zwölfpulsstromrichters	105
6.3	Einfluß der Gleichstromwelligkeit	108
6.4	Zwölfpulsige Parallelschaltung	112
6.5	Atypische Oberschwingungen	113
6.5.1	Einfluß des Gleichstroms	113
6.5.2	Einfluß fremder Netzspannungs-Oberschwingungen	113
6.6	Zwölfpulsige Umrichter	120
6.7	Folgesteuerung	122
7	Spezielle Stromrichterschaltungen (Bilder 84–92)	125
7.1	24pulsiger Stromrichter	125
7.2	Oberschwingungen des Dreipulsstromrichters	126
7.3	Oberschwingungen bei einphasigen Stromrichtern	128
7.3.1	Einpulsstromrichter	128

7.3.2	Zweipulsstromrichter	130
7.4	Gleichstromsteller	132
8	Stromrichtergruppen (Bilder 93–94)	135
8.1	Allgemeines	135
8.2	Größtmögliche Oberschwingungsbelastung	135
8.3	Deterministische Simulation	136
8.4	Statistische Simulation	136
8.5	Gegenseitige Stromrichterbeeinflussung	137
8.6	Einfluß der Entkopplungsdrosselspule	139
9	Stromrichter am schwingungsfähigen Netz (Bilder 95–106)	141
9.1	Grundsätzliches	141
9.2	Kommutierungs-Oberschwingungen	143
9.3	Kondensatorbelastung in Netzen mit Stromrichtern	146
9.4	Ersatzschaltung des schwingungsfähigen Netzes	152
9.5	Kabelschwingungen	154
10	Blindleistung in Netzen mit Stromrichtern (Bilder 107–113)	157
10.1	Blindleistungsbegriff	157
10.2	Leistungsfaktor	161
10.3	Leistungsbilanz beim idealen Stromrichter	162
10.4	Blindleistung des konventionellen Stromrichters	165
10.5	Blindleistung bei nichtstationären Zuständen	167
10.6	Kompensation der Stromrichterblindleistung	168
10.7	Blindleistung der stromrichtergespeisten Antriebe	171
11	Transformatoren und Motoren in Stromrichternetzen	175
12	Beherrschung von Stromrichter-Oberschwingungen (Bilder 114–125) ..	177
12.1	Allgemeines	177
12.2	Vorschriften	178
12.2.1	Übersicht	178
12.2.2	Deutschland	178
12.2.3	Schweiz	180
12.2.4	Österreich	181
12.2.5	Kommentar zu den Vorschriften	181
12.3	Schaltungstechnische Maßnahmen	182
12.4	Saugkreise für Netzstrom-Oberschwingungen	182
12.4.1	Allgemeines	182
12.4.2	Auslegung der Saugkreise	183
12.4.3	Blindleistungskompensation durch Saugkreise	186
12.4.4	Parallelresonanzstellen	186
12.4.5	Saugkreis-Stromrichter-Wechselwirkung	188
12.4.6	Saugkreise bei nichtstationären Zuständen	188

12.4.7	Anschlußpunkt der Saugkreise	188
12.4.8	Bemerkungen zur Ausführung der Saugkreise	188
12.5	Sperrkreise für Netzstrom-Oberschwingungen	190
12.6	Dämpfung höherfrequenter Resonanzschwingungen	191
12.7	Gleichstrom- und Gleichspannungsglättung	192
12.7.1	Gleichstromdrosselspule	192
12.7.2	GleichspannungsfILTER	192
12.7.3	Stromrichterschaltungen mit Glättungseffekt	194
13	Berechnungs- und Meßverfahren	197
13.1	Berechnungsverfahren	197
13.2	Meßverfahren	198
14	Geschichtlicher Überblick	199
14.1	Entwicklung der Leistungsstromrichter	199
14.2	Geschichte der Oberschwingungen	201
	Anhang (Bilder 126–138)	203
	Literatur	215
	Formelzeichen	217
	Indizes	219
	Stichwortverzeichnis	221