

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Richtlinien, Gesetze und Normen</b>	<b>15</b>
1.1	Einführung	15
1.2	Begriffe der EMV	18
1.3	Von der europäischen Richtlinie zur harmonisierten Norm	21
1.3.1	Europäische Richtlinien zur EMV, EMV-Gesetz	21
1.3.2	Richtlinienkonformität	22
1.3.3	Europäische harmonisierte und nationale Normen	24
1.3.4	Inverkehrbringen von Produkten	25
1.4	Besonderheiten bei ortsfesten Anlagen	25
<b>2</b>	<b>Störgrößen: Quellen und Auswirkungen</b>	<b>27</b>
2.1	Oberschwingungen und Spannungsschwankungen	27
2.1.1	Störungen durch Oberschwingungen	29
2.1.2	Spannungsschwankungen	34
2.2	Magnetische und elektrische Felder	36
2.2.1	Was ist ein Feld?	36
2.2.2	Magnetisches Feld	37
2.2.3	Elektrisches Feld	42
2.2.4	Natürliche Felder	44
2.2.5	Technische Felder	45
2.2.6	Felder im Bereich von Freileitungen	47
2.2.7	Felder im Bereich von Kabeln und elektrischen Betriebsmitteln	49
2.2.7.1	Berechnungsbeispiele und Messergebnisse	50
2.2.7.2	Bewertung der Beeinflussung durch Kabel und Leitungen	52
2.2.8	Felder im Bereich elektrischer Verbraucher	53
2.3	Entladung statischer Elektrizität (ESD)	54
2.4	Überspannungen infolge von Schalthandlungen	55
2.5	Blitzschlag	57
2.5.1	Einleitung	57
2.5.2	Potentialanhebung	58

2.5.3	Induktionsspannungen in Leiterschleifen .....	59
2.5.4	Induktiver Spannungsfall in einem Leiter .....	60
<b>3</b>	<b>Kopplungsmechanismen .....</b>	<b>63</b>
3.1	Galvanische Kopplung .....	64
3.2	Induktive Kopplung .....	69
3.3	Kapazitive Kopplung .....	73
3.4	Wellen- und Strahlungskopplung .....	76
3.4.1	Physikalische Grundlagen .....	76
3.4.2	Wellenkopplung .....	79
3.4.3	Strahlungskopplung .....	81
3.5	Zusammenfassung .....	85
<b>4</b>	<b>EMV-Maßnahmen in der Elektroinstallation .....</b>	<b>87</b>
4.1	Potentialausgleich, Massung und Erdung .....	87
4.1.1	Errichten der Erdungsanlage .....	87
4.1.2	Netzsysteme .....	90
4.1.3	Erdung des einspeisenden Systems .....	94
4.1.4	Aufbau und Ausführung des Potentialausgleichs .....	97
4.1.4.1	Schutzpotentialausgleich über die Haupterdungs- schiene .....	98
4.1.4.2	Zusätzlicher Potentialausgleich .....	100
4.1.4.3	Fremdspannungsarmer Potentialausgleich .....	101
4.1.4.4	Sternförmige Potentialausgleichsanlage (Sternerdernetz Typ A) .....	104
4.1.4.5	Potentialausgleichsringleiter (Ringerdernetz Typ B) .....	106
4.1.4.6	Mehrfach vermaschte sternförmige Potential- ausgleichsanlage (Typ C) .....	106
4.1.4.7	Vermaschte sternförmige Potentialausgleichsanlage (Vermaschung Typ D) .....	108
4.1.4.8	Gegenüberstellung der unterschiedlichen Potentialausgleichskonzepte .....	109
4.2	Leitungsbetrieb und Trassierung .....	111
4.2.1	Konzept einer EMV-gerechten Verkabelung .....	111
4.2.2	Leitungsbemessung .....	115
4.2.2.1	Allgemeines .....	115
4.2.2.2	Schutz des Neutralleiters .....	115

4.2.2.3	Mindestquerschnitt des Neutralleiters .....	116
4.2.2.4	Auswirkungen von Oberschwingungsströmen auf symmetrisch belastete Drehstromsysteme .....	116
4.2.3	Verlegeabstände und Kabelkategorien .....	119
4.2.3.1	Allgemeines .....	119
4.2.3.2	Verlegeabstände zwischen unterschiedlichen Systemen .....	120
4.2.3.3	Kabelkategorien .....	120
4.2.4	Symmetrisch und asymmetrisch betriebene Signalleitungen .....	126
4.2.5	Kabelrinnen und Kabelwannen .....	128
4.3	Schirmung .....	132
4.3.1	Grundlagen .....	132
4.3.2	Schirmung von Geräten, Gebäuden und Leitungen	135
4.3.2.1	Allgemeines .....	135
4.3.2.2	Gebäude- und Raumschirmung .....	139
4.3.2.3	Schirmung von Leitungen .....	142
4.3.3	Korrosionsschutz .....	152
4.4	Filterung .....	153
4.4.1	Einführung .....	153
4.4.2	Filtereinsatz .....	155
4.5	Schaltschrank .....	157
4.5.1	Verminderung von Einflüssen magnetischer Störfelder .....	157
4.5.2	Verbindung der inaktiven Teile des Schrankes bzw. Massung .....	160
4.5.3	Schaltschrank-Zonenkonzept .....	161
4.5.4	Schirmung des Schaltschranks .....	163
4.5.5	Maßnahmen zur Vermeidung von Überspannungen	164
4.6	Abstände von Monitoren .....	167
4.7	Nachrüstungen in bestehenden Anlagen .....	169
4.7.1	Einführung eines TN-S-Systems .....	169
4.7.2	Behandlung der Einleiterkabel und parallelen Stromschienen .....	172
4.7.3	Nachrüstung des Potentialausgleichs .....	172
4.7.4	Behandlung der Schirme .....	173
4.7.5	Trennung und Schirmung der Systeme .....	173
4.7.6	Zusätzliche Maßnahmen (Ersatzmaßnahmen) .....	173

<b>5</b>	<b>Oberschwingungen</b>	<b>175</b>
5.1	Allgemeines	175
5.2	Störgrößen und ihre Auswirkungen	176
5.2.1	Wichtige Begriffe	177
5.2.1.1	Augenblickswert (Momentanwert)	177
5.2.1.2	Effektivwert und Gleichrichtwert	179
5.2.1.3	Formfaktor	180
5.2.1.4	Scheitelfaktor (Crestfaktor)	181
5.2.1.5	Weitere Begriffe	182
5.2.1.6	Wirk-, Blind- und Scheinleistung (ohne Oberschwingungen)	184
5.2.2	Grundsätzliches zur Oberschwingungstheorie	185
5.2.3	Oberschwingungserzeuger	187
5.2.4	Besonderheiten der 3. Harmonischen	188
5.2.5	Blindleistung durch Oberschwingungen	190
5.2.6	Neutralleiterüberlastung und Neutralleiterunterbrechung	191
5.2.7	Bemessung bzw. Auslegung des Stromversorgungssystems	194
5.2.8	Spannungseinbrüche bei gesteuerten Stromrichtern (Kommutierungsprobleme)	195
5.3	Kopplungsarten	196
5.3.1	Leitungsgebundene Kopplung	197
5.3.2	Kopplung über das magnetische Feld	201
5.4	Maßnahmen gegen die Auswirkungen von Oberschwingungen	201
5.4.1	Errichten des Stromversorgungssystems	201
5.4.2	Auswahl von störungsarmen Betriebsmitteln	202
5.4.3	Netzentlastung durch Filter	202
5.4.4	Maßnahmen ohne Netzentlastung	204
5.4.5	Verdrosselte Kompensationsanlagen	205
5.4.6	Aktive Netzfilter	206
5.5	Besonderheiten bei Frequenzumrichtern	209
5.5.1	Funktionsprinzip von Frequenzumrichtern	210
5.5.2	Frequenzumrichter als Störquelle	211
5.5.3	Ableitströme von Frequenzumrichtern	213

5.5.3.1	Stationäre Ableitströme .....	213
5.5.3.2	Variable Ableitströme .....	214
5.5.3.3	Transiente Ableitströme .....	215
5.5.3.4	Zusammenfassung .....	215
5.5.4	Filter .....	215
5.5.4.1	EMV-Filter .....	217
5.5.4.2	150-Hz-Kompensationsfilter .....	218
5.5.4.3	Sonstige Filter .....	219
5.5.5	Hinweise für die Errichtung .....	221
5.5.6	Isolationsüberwachung .....	223
5.5.6.1	Aufbau eines IT-Systems mit Isolations- überwachung .....	224
5.5.6.2	Permanente Isolationsüberwachung in TN-Systemen .....	224
5.5.6.3	Aufteilung der Umrichter auf verschiedene Stromkreise .....	225
6	Planungsgrundlagen .....	227
6.1	Die vier Planungsphasen .....	227
6.2	Planung an einem Beispiel .....	229
6.2.1	Vorprojektphase (Phase 1) .....	229
6.2.1.1	Fundamenterder .....	231
6.2.1.2	Gebäudeüberschreitende Leitungen und Kabel .....	231
6.2.1.3	Gebäudeschirmung und Raumschirmung .....	234
6.2.1.4	EMV-gerechter Potentialausgleich .....	234
6.2.1.5	Äußerer und innerer Blitzschutz einschließlich Überspannungsschutz .....	238
6.2.2	Angebotsphase (Phase 2) .....	239
6.2.3	Realisierungsphase (Phase 3) .....	240
6.2.4	Betriebsphase (Phase 4) .....	247
6.3	Berücksichtigung von Oberschwingungen .....	247
6.3.1	Verträglichkeitspegel .....	248
6.3.2	Theoretische Netzanalyse .....	249
6.3.3	Auswahl eines 150-Hz-Filters (Neutralleiterfilter) ....	249
6.3.4	Zusätzliche Überlegungen bei der Planung von Frequenzumrichterantrieben .....	251

<b>7</b>	<b>Prüfungen</b>	<b>255</b>
7.1	Allgemeine Prüfpflicht für elektrische Anlagen	255
7.2	Prüfungen nach EMV-Gesichtspunkten	257
7.2.1	Erstprüfung	257
7.2.1.1	Allgemeines	257
7.2.1.2	Typische EMV-Messungen	258
7.2.1.3	Prüfung der Netzqualität bei vermuteten Oberschwingungen	260
7.2.2	Wiederkehrende Prüfungen	262
7.3	Dokumentation	263
7.4	Fachliche Voraussetzungen für Personen zum Prüfen von elektrischen Anlagen	264
7.5	Sachkundiger gemäß VdS-Richtlinien (VdS 2596)	264
7.6	Erforderliche Messgeräte	265
7.7	Kalibrierung der Messgeräte	266
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>267</b>
	Bücher, Informationsschriften	267
	Normen	268
	VdS-Richtlinien	270
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>271</b>