

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichenverzeichnis	13
Abkürzungsverzeichnis	15
Grundlagen	
1. Einführung	19
2. Begriffliche, technische, ökonomische und organisatorische Grundlagen	22
2.1. Grundbegriffe und Definitionen	22
2.2. Funktionsstörungen in Systemen	23
2.3. Ziele der EMV-Arbeit	25
2.4. Ökonomische Aspekte	26
2.5. Planung und Abwicklung der EMV-Arbeit	26
2.6. EMV-Standardisierung	30
3. Störquellen und Störgrößen	33
3.1. Übersicht	33
3.2. Interne Störquellen	34
3.3. Externe Störquellen	35
3.3.1. Blitzentladungen	35
3.3.2. Elektrostatische Entladungen	37
3.3.3. Elektromagnetische Prozesse in technischen Systemen	39
3.3.4. Nuklearer elektromagnetischer Puls	41
3.4. Störgrößen	43
3.4.1. Erscheinungsformen	43
3.4.2. Beschreibung von Störgrößen	46
3.4.3. Messung von Störgrößen	49
3.4.4. Störgrößen in Niederspannungsnetzen	50
3.4.5. Störgrößen auf Informationsleitungen	53
4. Beeinflussungsmechanismen und Gegenmaßnahmen	54
4.1. Übersicht	54
4.2. Galvanische Beeinflussungen	55
4.3. Kapazitive Beeinflussungen	61
4.3.1. Stromkreise mit gemeinsamem Bezugsleiter	61
4.3.2. Galvanisch getrennte Stromkreise	66
4.3.3. Stromkreise mit großen Leiter-Erde-Kapazitäten	67
4.3.4. Kapazitive Beeinflussungen bei Blitzentladungen	68
4.4. Induktive Beeinflussungen	69
4.5. Leitungsgebundene Wellenbeeinflussungen	72
4.6. Strahlungsbeeinflussungen	73
4.7. Reflexionserscheinungen auf Leitungen	77

5. Stör- und Zerstörungsfestigkeit von Störsenken	80
5.1. Übersicht	80
5.2. Störfestigkeit analoger Funktionseinheiten	81
5.3. Störfestigkeit diskreter Funktionseinheiten	82
5.4. Störfestigkeit von Automatisierungsgeräten	84
6. Prüfen der Störfestigkeit von Automatisierungsgeräten	87
6.1. Übersicht	87
6.2. Prüfen der Eigenstörfestigkeit	87
6.3. Prüfen der Fremdstörfestigkeit	88
6.3.1. Simulatoren für Prüfstörgrößen	88
6.3.2. Festlegung der Prüfbedingungen	88
6.3.3. Störfestigkeit des Versorgungseingangs	95
6.3.4. Störfestigkeit der Informationseingänge und -ausgänge	96
6.3.5. Störfestigkeit gegenüber elektrostatischen Entladungen	98
6.3.6. Störfestigkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern	100
6.4. Bewertung der Prüfergebnisse	101
6.5. Dokumentation der Prüfergebnisse	102
6.6. Störfestigkeitsprüfeinrichtungen	102
7. Biologische Verträglichkeit elektromagnetischer Felder	104
7.1. Übersicht	104
7.2. Expositionsmöglichkeiten gegenüber elektromagnetischen Feldern	105
7.2.1. Natürliche Feldquellen	105
7.2.2. Künstliche Feldquellen	106
7.3. Biologische Wirkung elektromagnetischer Felder	107
7.3.1. Wärmewirkung	107
7.3.2. Spezifisch-biologische Wirkungen	108
7.4. Grenzwerte	109
7.5. Meßmethoden	110
7.6. Schutzmaßnahmen	111

Maßnahmen

8. Maßnahmen gegen elektrostatische Beanspruchungen	114
8.1. Übersicht	114
8.2. Entstehung elektrostatischer Aufladungen	115
8.2.1. Physikalische Mechanismen	115
8.2.2. Elektrostatische Spannungsquellen in betrieblicher Umgebung	117
8.3. Messung elektrostatischer Aufladungen	117
8.4. Schutzmaßnahmen	119
8.4.1. Schaltungstechnische Maßnahmen	119
8.4.2. Technologische Maßnahmen	120
8.4.3. Organisatorische und materielle Maßnahmen	121
8.5. Vorschriften und Standards	123
9. Maßnahmen gegen induktive Abschaltüberspannungen	124
9.1. Übersicht	124
9.2. Physikalische Grundlagen	124
9.2.1. Physikalische Vorgänge beim Einschalten	124
9.2.2. Physikalische Vorgänge beim Abschalten	126
9.3. Bewertungskriterien für Störschutzbeschaltungen	128
9.4. Störschutzbeschaltungen für gleichstrombetätigte Geräte	129

9.4.1.	Dioden	129
9.4.2.	Ohmsche Widerstände	132
9.4.3.	Ohmsche Widerstände mit Dioden	132
9.4.4.	Varistoren	132
9.4.5.	Z-Dioden	134
9.4.6.	RC-Glieder	135
9.4.7.	RCD-Glieder	135
9.4.8.	Einsatzempfehlungen	136
9.5.	Störschutzbeschaltungen für wechselstrombetätigte Geräte	136
9.5.1.	Ohmsche Widerstände	136
9.5.2.	Varistoren	137
9.5.3.	Z-Dioden und Suppressordioden	140
9.5.4.	Selenüberspannungsbegrenzer	140
9.5.5.	RC-Glieder	141
9.5.6.	Einsatzempfehlungen	141
9.6.	Störschutzbeschaltungen für drehstrombetätigte Geräte	142
9.7.	Störschutzbeschaltungen für Leuchtstofflampen	143
10.	Maßnahmen zur Gewährleistung des Blitz- und Überspannungsschutzes	144
10.1.	Übersicht	144
10.2.	Überspannungsbeanspruchungen	144
10.2.1.	Blitzentladungen	144
10.2.1.1.	Spannungen und Ströme bei Naheinschlägen	144
10.2.1.2.	Spannungen und Ströme bei Ferneinschlägen	145
10.2.1.3.	Spannungseinkopplung in Signalleitungen	145
10.2.2.	Nuklearer elektromagnetischer Puls	154
10.2.3.	Schaltvorgänge im Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetz	155
10.2.4.	Elektrostatische Entladungen	155
10.3.	Überspannungsschutzeinrichtungen	158
10.3.1.	Übersicht	158
10.3.2.	Dimensionierung von Überspannungsableitern	162
10.3.3.	Dimensionierung von Überspannungsbegrenzern	165
10.3.4.	Dimensionierung von Überspannungsschutzbarrieren	168
10.4.	Blitz- und Überspannungsschutzmaßnahmen	170
10.4.1.	Übersicht	170
10.4.2.	Äußerer Blitzschutz	171
10.4.3.	Innerer Blitzschutz	172
10.4.3.1.	Potentialausgleich zu inaktiven Teilen	172
10.4.3.2.	Potentialausgleich über Schirmleiter	173
10.4.3.3.	Potentialausgleich zu aktiven Leitern	174
10.4.3.4.	Weitere Maßnahmen	174
10.5.	Blitz- und Überspannungsschutz in Automatisierungsanlagen	176
11.	Maßnahmen gegen Stromrichter-Netzzrückwirkungen	177
11.1.	Übersicht	177
11.2.	Minderung der Elektroenergiequalität durch Stromrichter	178
11.2.1.	Kenngrößen der Elektroenergiequalität	178
11.2.2.	Mechanismus energetischer Netzzrückwirkungen	180
11.2.3.	Beschreibungsmethoden	182
11.2.4.	Beispiele typischer Netzzrückwirkungen	185
11.3.	Mindestwerte der Elektroenergiequalität	188
11.3.1.	Standardisierungskonzeptionen	188
11.3.2.	Internationale und ausländische Richtlinien	188

11.3.3.	Standardentwurf der DDR	189
11.3.4.	Meßtechnik	190
11.4.	Störfestigkeit von Stromrichtern	194
11.4.1.	Beherrschung der Eigenstörfestigkeit	194
11.4.2.	Mechanismus und Folgen der Fremdstörung	195
11.4.3.	Standardisierung	197
11.5.	Wege zur Beherrschung von Netzrückwirkungen	199
11.5.1.	Übersicht	199
11.5.2.	Kompensation von Netzrückwirkungen	200
11.5.3.	Netzrückwirkungsorientierte Steuerung	203
11.5.4.	Netzrückwirkungsarme Stromrichter	204
11.6.	Auslegung von Anschlußstrukturen	206
11.6.1.	Kenngrößen netzseitiger Einsatzbedingungen	206
11.6.2.	Hilfsmittel zur Auslegung	206
11.6.3.	Verträglichkeitskontrolle einer Anschlußstruktur	211
12.	Maßnahmen gegen Funkstörungen	213
12.1.	Übersicht	213
12.2.	Vorschriften	213
12.2.1.	Standards	214
12.2.2.	Nachweisführung	214
12.3.	Funkstörquellen	217
12.3.1.	Betriebsmittel mit Hochfrequenzgeneratoren	217
12.3.2.	Betriebsmittel mit Schaltfunktionen	217
12.3.3.	Korona- und Funkenentladungen	218
12.4.	Funkstörmeßtechnik	218
12.4.1.	Spannungsmessung	219
12.4.2.	Feldstärkemessung	221
12.4.3.	Leistungsmessung	221
12.5.	Entstörmaßnahmen	221
12.5.1.	Schaltungstechnische Maßnahmen	222
12.5.2.	Konstruktive Maßnahmen	224

Systemgestaltung

13.	EMV-gerechte Gestaltung von Automatisierungsgeräten	225
13.1.	Übersicht	225
13.2.	Einordnung der EMV-Arbeiten in den Entwicklungsprozeß	226
13.3.	Technische EMV-Maßnahmen	229
13.3.1.	Schaltungstechnische Maßnahmen	229
13.3.2.	Konstruktive Maßnahmen	239
13.3.3.	Softwaremaßnahmen	241
13.4.	Organisatorische EMV-Maßnahmen	242
13.5.	Beispiele für EMV-gerecht ausgeführte Automatisierungsgeräte	242
14.	EMV-gerechte Gestaltung von Automatisierungsanlagen	244
14.1.	Übersicht	244
14.2.	EMV-Planung als selbständige Querschnittsaufgabe	244
14.3.	Technische EMV-Maßnahmen	247
14.3.1.	Komplexität der technischen EMV-Maßnahmen	247
14.3.2.	Erdung	249
14.3.3.	Potentialausgleich	254
14.3.4.	Schutzmaßnahmen gegen indirektes Berühren	258

14.3.5.	Blitzschutzmaßnahmen	258
14.3.5.1.	Äußerer Blitzschutz	258
14.3.5.2.	Innerer Blitzschutz	259
14.3.6.	Störschutzmaßnahmen	263
14.3.6.1.	Netzgestaltung	263
14.3.6.2.	Entstörung	265
14.3.6.3.	Abstand, Trennen	265
14.3.6.4.	Isolieren, Schirmen	265
14.3.6.5.	Wahl der Signalpegel	265
14.3.7.	Prüfung der technischen EMV-Maßnahmen	267
14.4.	Organisatorische EMV-Maßnahmen	267
14.5.	Auswahl der EMV-Maßnahmen	268
14.6.	Praktische Beispiele	269
14.6.1.	EMV-gerechte Gestaltung einer automatisierten fördertechnischen Anlage	269
14.6.2.	EMV-gerechte Gestaltung von Prüfplätzen elektronischer Geräte im Produktionsprozeß	270
15.	Besonderheiten bei eigensicheren Geräten und Anlagen	274
15.1.	Übersicht	274
15.2.	Eigensicherheit und EMV	274
15.2.1.	Allgemeiner Überblick	274
15.2.2.	Explosionstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe	275
15.2.3.	Eigenschaften eigensicherer Geräte und Stromkreise	275
15.3.	EMV-gerechte Gestaltung eigensicherer und teilweise eigensicherer Geräte	279
15.3.1.	Übersicht	279
15.3.2.	Elektrische Grenzwerte	280
15.3.3.	Elektrische Maßnahmen	281
15.3.4.	Konstruktive Maßnahmen	281
15.3.5.	Organisatorische Maßnahmen	282
15.4.	EMV-gerechte Gestaltung eigensicherer Anlagen	283
15.4.1.	Übersicht	283
15.4.2.	Elektrische Grenzwerte	283
15.4.3.	Anlagentechnische, elektrische und konstruktive Maßnahmen	284
15.4.4.	Organisatorische Maßnahmen	286
16.	Besonderheiten in Rechen- und Prozeßdatenverarbeitungsanlagen	288
16.1.	Übersicht	288
16.2.	EMV-gerechte Energieversorgung von EDVA	288
16.2.1.	Versorgungs- und Anschlußbedingungen	288
16.2.2.	Maßnahmen zur Erhöhung der Versorgungszuverlässigkeit	289
16.2.3.	Geräteinterne Stromversorgung und Kontrollschaltungen	292
16.2.4.	Verkabelung	295
16.3.	EMV-gerechte Nullung, Erdung und Bezugspotentialführung in EDVA	295
16.3.1.	Einzelanlagen	295
16.3.2.	Mehrrechnersysteme	299
16.3.3.	Kleinrechner- und Datenerfassungssysteme	301
16.3.4.	Prozeßrechnersysteme	303
16.4.	Revisionen in EDVA	304
17.	Besonderheiten in schiffselektronischen Anlagen	305
17.1.	Übersicht	305
17.2.	Spezielle Bedingungen auf Schiffen	305

17.2.1.	Das Drehstromnetz	305
17.2.2.	Das Gleichstromnetz	306
17.2.3.	Kabelführung, Erdung, Installationsbedingungen	306
17.2.4.	Störspannungsspektren	309
17.3.	Maßnahmen zur Sicherung der EMV auf Schiffen	314
17.3.1.	Maßnahmen bei fabrikfertigen Baueinheiten	314
17.3.2.	Maßnahmen in der Projektierungsphase	323
17.3.3.	Maßnahmen bei der Bauausführung und Inbetriebnahme an Bord	326
18.	Besonderheiten in Umspannwerken mit mikroelektronischer Sekundärtechnik	327
18.1.	Übersicht	
18.2.	Maßnahmen zur Reduzierung des Eindringens von Störgrößen	329
18.2.1.	Einsatz von Lichtwellenleitern	329
18.2.2.	Galvanische Trennung der Prozeßankopplung	330
18.2.3.	Schirmung von Baugruppen und kurzen Leitungen	332
18.2.4.	Schutz durch Funkenstrecken, Varistoren und Dioden	336
18.3.	Maßnahmen zur Reduzierung der Wirkung eingedrungener Störgrößen	338
18.3.1.	Erdung und Bezugspotentialbildung	338
18.3.2.	Einsatz von Entstördrosseln und Filtern	338
18.3.3.	Inselversorgung ausgewählter Baugruppen	341
18.3.4.	Einsatz logischer Barrieren	344
18.4.	Software zur Störungs- und Fehlerbehandlung	345
18.4.1.	Störungsidentifikation	345
18.4.2.	Störungs- und Fehlerbehandlung	347
18.5.	Nachweis der Wirksamkeit von EMV-Maßnahmen	349
18.5.1.	Zielstellung	349
18.5.2.	Entwicklungsprüfungen	349
18.5.3.	Typprüfungen	351
18.5.4.	Nachweisführung während des Dauerbetriebs	352
18.6.	Realisierungsbeispiele EMV-gerechter Systemlösungen	354
19.	Literaturverzeichnis	356
20.	Sachwörterverzeichnis	374