

Inhalt

1	Einführung und Übersicht zur EMV	15
1.1	Vorbemerkung zur Geschichte der EMV	15
1.2	Literatur zu Abschnitt 1.1	15
1.2.1	Einführung und Übersicht zu Störphänomenen, Anforderungen, Maßnahmen, Produkten und Dienstleistungen	18
1.2.2	Definition und Wege zur EMV	18
1.2.3	Störphänomene und Anforderungen	19
1.2.4	Maßnahmen zur Sicherstellung der Elektromagnetischen Verträglichkeit	24
1.2.5	Produkte und Dienstleistungen zur Sicherstellung der Elektromagnetischen Verträglichkeit	26
1.2.6	EMV-Richtlinie und EMV-Gesetz sowie Normung	27
	Herausforderung und Notwendigkeit	28
	Literatur zu Abschnitt 1.2	28
2	Grundlagen	31
2.1	Definition und Grundbegriffe	31
2.2	EMV-Beeinflussungsmodell	31
2.2.1	Galvanische Kopplung	34
2.2.2	Kapazitive Kopplung	34
2.2.3	Induktive Kopplung	35
2.2.4	Strahlungskopplung	36
2.3	Darstellung elektromagnetischer Größen	36
2.3.1	Pegeldarstellung	36
2.3.2	Darstellung im Zeit- und Frequenzbereich	37
2.4	EMV-Kenngrößen	39
2.4.1	Einfügungsdämpfung	39
2.4.2	Schirmdämpfung	42
2.4.3	Kopplungsimpedanz	42
	Literatur zu Kapitel 2	43
3	EMV-Grundmaßnahmen	45
3.1	Maßnahmenübersicht	45
3.2	EMV-Grenzwerte	46
3.3	Einteilung in EMV-Bereiche	49
3.4	Massung, Erdung, Potentialausgleich	51
3.4.1	Massungskonzepte	52
3.4.2	Erdung	57
3.4.3	Potentialausgleich	58
3.4.4	Ausführung von Massung, Erdung und Potentialausgleich	59

3.5	Maßnahmen zur Filterung/Entstörmittel	61
3.5.1	Filteranordnung	63
3.5.2	Überspannungsschutz mit RC-Gliedern	65
3.6	Schirmung	67
3.7	Verkabelung	71
3.7.1	Das Kabel als Störquelle	71
3.7.2	Einkopplungen in Kabel	73
3.7.3	Der Kabelschirm	74
3.7.4	Kabelkategorien	79
3.7.5	Kabelträger	81
3.7.6	Zusammenstellung von Verkabelungsrichtlinien	82
	Literatur zu Kapitel 3	83
4	EMV-Systemplanung für Industrieanlagen und zivil genutzte Objekte	85
4.1	Einleitung	85
4.2	Anlagen und CE-Kennzeichnung	85
4.2.1	Grundsätzliche Überlegungen zu den Anforderungen der EMVR	86
4.3	Ablauf einer EMV-Systemplanung	87
4.3.1	Vorgehensweise, Tätigkeiten einer EMV-Planung	89
4.3.2	Zeitlicher Ablauf einer EMV-Planung bei Baumaßnahmen	91
4.4	EMV-Plan	92
4.4.1	Beispiel für die grundlegenden Anforderungen an ein System	94
4.4.2	Beispiel für die Vorgehensweise zur EMV-Datensammlung	94
4.4.3	Beispiele zu den Analysen	96
4.4.4	Beispiele zu den Maßnahmen	98
4.4.4.1	Massung, Erdung und Potentialausgleich	99
4.4.4.2	Verkabelung	101
4.5	Zusammenfassung	102
	Literatur zu Kapitel 4	103
5	EMV-Maßnahmen in Gebäuden und Anlagen	105
5.1	Potentialausgleich und die Stromverteilungssysteme TN, TT und IT	105
5.1.1	Grundsätzliches zum Potentialausgleich	105
5.1.2	EMV durch erdfreien örtlichen Potentialausgleich	113
5.1.3	Die drei Systeme der Stromverteilung TN, TT und IT	114
5.1.4	Zusammenfassung	126
5.1.5	Übersicht	126
	Literatur zu Abschnitt 5.1	128
5.2	Überspannungsschutz von elektrischen Anlagen mit elektronischen Geräten, auch bei direkten Blitzeinschlägen	129

5.2.1	Schadensstatistiken der Sachversicherer	129
5.2.2	Gefährdung von Niederspannungsanlagen mit elektro-nischen Geräten durch Überspannungen	131
5.2.2.1	Ursachen für Gewitter-Überspannungsschäden	131
5.2.2.1.1	Direkt-/Naheinschlag	134
5.2.2.1.1.1	Spannungsfall am Stoßerdungswiderstand	134
5.2.2.1.2	Induktionsspannungen in metallenen Installationsschleifen	135
5.2.2.1.2	Ferneinschläge	137
5.2.2.2	Ursachen für Schaltüberspannungen	138
5.2.3	Stand der Normung	141
5.2.3.1	Wichtige Aspekte aus den neuen Normen	146
5.2.3.1.1	Blitzschutzklassen	146
5.2.3.1.2	Auswirkung der Blitzschutzklasse auf den Aufbau des Äußenen Blitzschutzes	150
5.2.3.1.3	Blitzschutz-Potentialausgleich	152
5.2.4	EMV-Blitz-Schutzzonen-Konzept	152
5.2.4.1	Einteilung in Schutzzonen	155
5.2.4.2	Isolierte Fangeinrichtungen	159
5.2.4.3	Gebäude-/Raumschirmung	161
5.2.4.4	Schirmung von Leitungen	165
5.2.4.5	Potentialausgleich	166
5.2.4.5.1	Sternförmiger Potentialausgleich	167
5.2.4.5.2	Vermaschter Potentialausgleich	167
5.2.4.6	Innerer Blitzschutz, Blitzschutz-Potentialausgleich, Überspannungsschutz	169
5.2.4.6.1	Trennfunkentrecken	170
5.2.4.6.2	Ableiter für energietechnische Anlagen	170
5.2.4.6.2.1	Blitzstrom-Ableiter	172
5.2.4.6.2.2	Überspannungs-Ableiter	173
5.2.4.6.2.2.1	Überspannungs-Ableiter zum Einsatz in Gebäude-Installationen	173
5.2.4.6.2.2.2	Ableiter zum Einsatz in Steckdosen	176
5.2.4.6.2.2.3	Ableiter zum Einsatz in Geräten	177
5.2.4.6.3	Schutzgeräte für Anlagen und Geräte der Informationstechnik	178
5.2.4.6.3.1	Ableiter für Blitzschutz-Potentialausgleich	179
5.2.4.6.3.2	Überspannungsbegrenzer für Geräteschutz	181
5.2.4.6.3.2.1	Schutzgeräte, angepaßt für MSR-Anlagen	181
5.2.4.6.3.2.2	Schutzgeräte, angepaßt für Computer	183
5.2.4.7	Schutzgeräte für Einrichtungen an verschiedenen Netzen	185
5.2.5	EMV-gerechte Blitzschutzplanung	187
5.2.6	Ausblick	187
5.3	Literatur zu Abschnitt 5.2	188
	Beispiele für EMV-Maßnahmen in großflächigen Anlagen	190

5.3.1	Problemstellung	190
5.3.2	Allgemeines	191
5.3.3	EMV-Konzept für Gebäude	192
5.3.3.1	Gebäudeschirmung	192
5.3.3.2	Potentialausgleich	198
5.3.3.3	Verbindungen außerhalb der Gebäude	201
5.3.4	EMV-gerechter Anlagenaufbau	202
5.3.4.1	Grundsätzliches	202
5.3.4.2	Kabelverbindungen zwischen Gebäuden	203
5.3.4.3	Kabelschirm-Behandlung	207
5.3.4.4	Erdung von Niederspannungsnetzen	211
5.3.4.5	Funktions-Potentialausgleich der Elektronik-Anlagen	211
5.3.4.6	Aufbau von Elektronik- und Schaltschränken	214
5.3.4.7	Blitzstrom- bzw. Überspannungsableiter	216
5.3.5	Grundsätzliche Bewertungsverfahren zum Nachweis des ausreichenden Schutzes	218
5.3.6	Zusammenfassung	221
	Literatur zu Abschnitt 5.3	223
6	Gesetzgebung und Normung	225
6.1	EMV-Richtlinie und EMV-Gesetz	225
6.1.1	Hintergrund zur Entstehung von EMV-Richtlinie und EMV-Gesetz	225
6.1.2	Leitfaden der Europäischen Kommission zur Anwendung der EMV-Richtlinie	226
6.1.3	Ziel der EMV-Richtlinie	227
6.1.4	Anwendungsbereich der EMV-Richtlinie	227
6.1.4.1	Bauteile, die keine eigenständige Funktion erfüllen	229
6.1.4.2	Bauteile, die eine eigenständige Funktion erfüllen	230
6.1.4.3	Endprodukte	230
6.1.4.4	Systeme	231
6.1.4.5	Anlagen	231
6.1.4.6	Elektromagnetisch passive Geräte	233
6.1.4.7	Weitere Ausschlußkriterien	233
6.1.4.8	EMV-Analyse	235
6.1.5	Konformitätsbewertung und CE-Kennzeichnung	236
6.1.5.1	Verfahren nach Artikel 10 Absatz 1	236
6.1.5.2	Verfahren nach Artikel 10 Absatz 2	237
6.1.5.3	Verfahren nach Artikel 10 Absatz 5	238
6.1.5.4	CE-Kennzeichnung	239
6.1.6	Gebrauchsanweisung	240
6.1.7	Hinweis	241
6.2	Die EMV-Normung	241

6.2.1	Zur Historie der Entstehung von EMV-Normen	241
6.2.2	Die moderne EMV-Normung	243
6.2.2.1	EMV-Normung in der IEC und CISPR	243
6.2.2.2	EMV-Normung in CENELEC	244
6.2.2.3	Wechselwirkungen zwischen IEC und CENELEC/ETSI	244
6.2.2.4	Die Rolle der Deutschen Elektrotechnischen Kommission (DKE)	245
6.2.2.5	Militärische EMV-Normung (MIL STD und VG)	246
6.2.2.6	EMV-Normen für Telekommunikationstechnik (ETSI)	246
6.2.3	EMV-Normen	247
6.2.3.1	Grundnormen	247
6.2.3.2	Fachgrundnormen	247
6.2.3.3	Produktfamiliennormen	248
6.2.3.4	EMV-Normen für spezielle Produkte	249
6.2.4	Wie findet man die zutreffende EMV-Norm für ein Produkt ...	249
6.2.5	Tabellen und Listen von EMV-Normen (Stand August 1997)	250
7	Anforderungen an Geräte und deren praktische Umsetzung	267
7.1	Niederfrequente Phänomene	267
7.1.1	Übersicht	267
7.1.2	Begrenzung von Stromoberschwingungen	267
7.1.2.1	EN 60555-2 und EN 61000-3-2; Anwendungsbereich, Übergangsfristen und Ausnahmen	267
7.1.2.1.1	EN 60555-2:1987-04 (VDE 0838 Teil 2:1987-06)	267
7.1.2.1.2	EN 61000-3-2:1995-04 (VDE 0838 Teil 2:1996-03)	268
7.1.2.2	Technische Anforderungen in EN 61000-3-2, Grenzwerte und Meßverfahren	269
7.1.2.3	Maßnahmen	271
7.1.2.4	Meßtechnik	276
7.1.3	Begrenzung von Spannungsschwankungen und Flicker	277
7.1.3.1	EN 60555-3 und EN 61000-3-3; Anwendungsbereich, Übergangsfristen und Ausnahmen	277
7.1.3.1.1	EN 60555-3:1987-04 (VDE 0838 Teil 3:1987-06)	278
7.1.3.1.2	EN 61000-3-3:1995-01 (VDE 0838 Teil 3:1996-03)	278
7.1.3.2	Technische Anforderungen in IEC 61000-3-3, Grenzwerte und Meßverfahren	279
7.1.4	Prüfung der Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen nach IEC 61000-4-11	282
7.1.4.1	Anwendungsbereich von EN 61000-4-11	283
7.1.4.2	Technische Anforderungen, Grenzwerte und Meßverfahren	283

7.1.5	Störfestigkeit gegen Harmonische, Interharmonische und „Mains signalling“	286
7.1.6	Störfestigkeit gegen Spannungsänderungen, Unsymmetrie und Frequenzänderungen	286
7.1.7	Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen im Frequenzbereich 0 Hz bis 150 kHz	286
7.1.8	EN 50160, Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen	287
7.2	Literatur zu Abschnitt 7.1 Funk-Entstörung und Störfestigkeit gegen hochfrequente Störquellen	287
7.2.1	Allgemeines, Einführung	288
7.2.2	Funk-Entstörung	289
7.2.2.1	Normenübersicht	289
7.2.2.2	Grenzwerte	289
7.2.2.2.1	Mittelwert und Quasispitzenwert (QP)	290
7.2.2.2.2	Grenzwertklassen A und B	290
7.2.2.3	Meßverfahren und Anforderungen an Meßeinrichtungen	292
7.2.2.3.1	Funkstörspannung	292
7.2.2.3.2	Funkstörfeldstärke im Frequenzbereich 30 MHz bis 1 GHz	294
7.2.2.4	Beispiele für Maßnahmen	299
7.2.3	Störfestigkeit gegen hochfrequente Felder	305
7.2.3.1	Normenübersicht	305
7.2.3.2	Grenzwerte	306
7.2.3.3	Meßverfahren und Anforderungen an Meßeinrichtungen	306
7.2.3.4	Beispiele für Maßnahmen	307
7.2.4	Störfestigkeit gegen hochfrequente leitungsgeführte Störgrößen	307
7.2.4.1	Meßverfahren und Anforderungen an die Meßeinrichtung	307
7.2.4.2	Grundsätzliche Maßnahmen zur Realisierung der Störfestigkeit	308
7.3	Literatur zu Abschnitt 7.2 Störfestigkeit gegen transiente Störgrößen im Zeitbereich	312
7.3.1	Einführung	313
7.3.1.1	Allgemeines	313
7.3.2	Bekannte Störquellen	314
7.3.2.1	Entladung statischer Elektrizität	315
7.3.2.2	Geschaltete Induktivitäten	316
7.3.2.3	Schalthandlungen im Versorgungsnetz	317
7.3.2.4	Atmosphärische Entladungen	317
7.3.2.5	Netz-Phänomene	318
7.3.2.5.1	Spannungserhöhung/Spannungsabsenkung	318

7.3.2.5.2	Spannungszusammenbrüche und Spannungseinbrüche	318
7.3.2.5.3	im Versorgungsnetz	318
7.3.2.5.4	Überspannungen im Versorgungsnetz	318
7.3.2.5.4.1	Oszillierende und transiente Magnetfelder	318
7.3.2.5.4.2	Magnetfelder, verursacht durch Ströme der Stromversorgung ..	320
7.3.2.5.4.3	Magnetfelder, verursacht durch transiente Stoßströme	320
	Magnetfelder, verursacht durch oszillierende, abklingende	
	Ströme	320
7.3.2.6	Messen der Störgrößen	320
7.3.3	Ermittlung der Störfestigkeit durch Prüfungen	320
7.3.3.1	Prüfgeneratoren	321
7.3.3.2	Prüfaufbau	321
7.3.3.3	Simulation transienter Störgrößen (Pulse), leitungsgeführt	321
7.3.3.3.1	Entladung statischer Elektrizität	321
7.3.3.3.1.1	Umgebungsbedingungen/Grenzwertklassen	322
7.3.3.3.1.2	Simulation nach IEC 61000-4-2/IEC 801-2	322
7.3.3.3.1.3	Generator	323
7.3.3.3.1.4	Meßanordnungen	324
7.3.3.3.1.5	Auswahl des Prüfverfahrens	325
7.3.3.3.1.6	Auswahl des Prüfschärfegrads	325
7.3.3.3.1.7	Durchführung der Prüfung	326
7.3.3.3.1.8	Beurteilung der Prüfergebnisse	327
7.3.3.3.2	„Burst“ – schnelle (hochfrequente) Transienten im ns-Bereich ..	327
7.3.3.3.2.1	Umgebungsbedingungen/Grenzwertklassen	327
7.3.3.3.2.2	Simulation nach IEC 61000-4-4/IEC 801-4	328
7.3.3.3.2.3	Generator und Kopplungseinrichtungen	328
7.3.3.3.2.4	Meß-/Prüfanordnungen	330
7.3.3.3.3	Stoßspannungen, Blitz	331
7.3.3.3.3.1	Umgebungsbedingungen/Grenzwertklassen	332
7.3.3.3.3.2	Simulation nach IEC 61000-4-5/EN 61000-4-5	333
7.3.3.3.3.3	Generator und Koppelnetzwerke	333
7.3.3.3.3.4	Meß-/Prüfanordnungen	335
7.3.3.3.4	Wie unterscheiden sich die transienten Störgrößen im Zeit- und Frequenzbereich?	338
7.3.3.4	Simulation von Störgrößen vom Versorgungsnetz	339
7.3.3.4.1	Simulation von Magnetfeldern	339
7.3.3.4.1.2	Normative Festlegungen	340
7.3.3.4.1.3	Prüfverfahren	340
7.3.3.4.1.4	Grenzwerte	340
7.3.3.4.1.5	Beispiel einer in der Praxis genutzten Beeinflussungsspule ..	342
7.3.3.5	Prüfschärfe	344
7.3.3.5.1	Auswirkungen von stochastischen Störbeanspruchungen	346

7.3.3.5.2	Störverhalten von sequentiell arbeitenden Systemen bei stochastischen Störern, Beispiel: Microcomputer	347
7.3.3.6	Durchführung der Prüfung	350
7.3.3.6.1	Feststellung der Störschwelle	350
7.3.3.6.2	Nachweis der Störfestigkeit	350
7.3.3.7	Bewertung der Prüfergebnisse	351
7.3.3.8	Maßnahmen zur Reduzierung von Störeinflüssen	352
7.3.3.8.1	Vermeidung von elektrostatischen Aufladungen	352
7.3.3.8.2	Schutz vor Entladungen statischer Elektrizität und Transienten	352
7.3.3.8.3	Potentialausgleichsmaßnahmen	353
7.3.3.8.4	Schirmungsmaßnahmen	353
7.3.3.8.5	Filtermaßnahmen	355
	Literatur zu Abschnitt 7.3	356
8	Anwendungsbeispiele	357
8.1	Beeinflussung von Bildschirmarbeitsplätzen durch Magnetfelder	357
8.1.1	Rahmenbedingungen	357
8.1.2	Der Bildschirm als Störsenke	357
8.1.3	Störquellen	359
8.1.3.1	Grundlagen	360
8.1.3.2	Hochstromeinrichtungen als Magnetfeldquellen	361
8.1.3.3	Installation des Niederspannungsnetzes als Magnetfeldquelle ..	362
8.1.4	Vermeidung von Störungen	362
8.1.5	Industrieanlage in der Planung	364
8.1.6	Bestehende Industrieanlage	365
8.1.7	Verwaltungsgebäude in der Planung	365
	Literatur zu Abschnitt 8.1	366
8.2	EMV von Signalschnittstellen	367
8.2.1	Einteilung von Schnittstellen	367
8.2.2	Schnittstellen für analoge Signalübertragung	370
8.2.3	Schnittstellen für digitale Signalübertragung	372
8.2.3.1	Beispiele für die Anwendung der Maßnahmenmatrix	373
8.2.3.2	Beurteilung von Schnittstellen	377
8.2.4	Schnittstellen für Videosignale	377
	Literatur zu Abschnitt 8.2	380
8.3	EMV in anwendungsneutralen Verkabelungssystemen bzw. lokalen Netzen	380
8.3.1	Leistungsanforderungen an anwendungsneutrale Verkabelungssysteme	380
8.3.2	Symmetrische Übertragungssysteme	383
8.3.3	Mediafilter für ungeschirmte Verkabelung	385

8.3.4	Spezielle Abschlußtechniken für ungeschirmte Verkabelung ...	386
8.3.5	Geschirmte Verkabelung	387
8.3.6	Anforderungen an die EMV von Verkabelungssystemen	389
8.3.7	Meßobjekte	391
8.3.8	Messung der Störaussendung	392
8.3.8.1	Störaussendung gemessen ausschließlich an der Verkabelung ..	392
8.3.8.2	Störaussendung des kompletten LAN-Systems (Local Area Network)	394
8.3.9	Messung der Störfestigkeit	395
8.3.10	Zusammenfassung	396
	Literatur zu Abschnitt 8.3	397
	Abkürzungen zu Abschnitt 8.3	397
	Stichwortverzeichnis	399