

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung und Übersicht zur EMV</b>	<b>15</b>
1.1	Vorbemerkung zur Geschichte der EMV	15
	Literatur zu Abschnitt 1.1	15
1.2	Einführung und Übersicht zu Störphänomenen, Anforderungen, Maßnahmen, Produkten und Dienstleistungen	18
1.2.1	Definition und Wege zur EMV	18
1.2.2	Störphänomene und Anforderungen	19
1.2.3	Maßnahmen zur Sicherstellung der Elektromagnetischen Verträglichkeit	24
1.2.4	Produkte und Dienstleistungen zur Sicherstellung der Elektromagnetischen Verträglichkeit	26
1.2.5	EMV-Richtlinie und EMV-Gesetz sowie Normung	27
1.2.6	Herausforderung und Notwendigkeit	28
	Literatur zu Abschnitt 1.2	28
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>31</b>
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
<b>3</b>	<b>EMV-Grundmaßnahmen</b>	<b>45</b>
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
<b>4</b>	<b>EMV-Systemplanung für Industrieanlagen und zivil genutzte Objekte .....</b>	<b>85</b>
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
<b>5</b>	<b>EMV-Maßnahmen in Gebäuden und Anlagen .....</b>	<b>105</b>
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
5.2.2.1.1.2	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 Äußeren 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	Trennfunkstrecken .....	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
	Literatur zu Abschnitt 5.2 .....	188
5.3	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
<b>6</b>	<b>Gesetzgebung und Normung .....</b>	<b>225</b>
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
<b>7</b>	<b>Anforderungen an Geräte und deren praktische Umsetzung .....</b>	<b>267</b>
7.1	Niederfrequente Phänomene .....	267
7.1.1	Übersicht .....	267
7.1.2	Begrenzung von Stromüberschwingungen .....	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
	Literatur zu Abschnitt 7.1 .....	287
7.2	Funk-Entstörung und Störfestigkeit gegen hochfrequente Störquellen .....	288
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
	Literatur zu Abschnitt 7.2 .....	312
7.3	Störfestigkeit gegen transiente Störgrößen im Zeitbereich .....	313
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 im Versorgungsnetz .....	318
7.3.2.5.3	Überspannungen im Versorgungsnetz .....	318
7.3.2.5.4	Oszillierende und transiente Magnetfelder .....	318
7.3.2.5.4.1	Magnetfelder, verursacht durch Ströme der Stromversorgung ..	320
7.3.2.5.4.2	Magnetfelder, verursacht durch transiente Stoßströme .....	320
7.3.2.5.4.3	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
<b>8</b>	<b>Anwendungsbeispiele .....</b>	<b>357</b>
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
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>399</b>