

Inhalt

Vorwort 5

| | | |
|----------|--|----|
| 1 | Bedeutung der EMV | 15 |
| 1.1 | Einführung | 15 |
| 1.2 | Rechtliche Bedeutung | 17 |
| 1.2.1 | EG-Richtlinie und CE-Kennzeichnung | 17 |
| 1.2.2 | EG-Richtlinien und Harmonisierte Normen | 17 |
| 1.2.3 | EMV-Richtlinie, EMV-Leitfäden und EMV-Gesetz | 18 |
| 1.3 | Wirtschaftliche Bedeutung | 25 |
| 2 | Regeln der Technik zur EMV in elektrischen Anlagen | 27 |
| 2.1 | Einführung | 27 |
| 2.2 | VDE-Normen | 27 |
| 2.3 | Kurzbeschreibung der wichtigsten EMV-Normen | 29 |
| 2.3.1 | DIN VDE 0100-100 (VDE 0100-100):2009-06 | 29 |
| 2.3.2 | DIN VDE 0100-443 (VDE 0100-443):2016-10 | 30 |
| 2.3.3 | DIN VDE 0100-444 (VDE 0100-444):2010-10 | 30 |
| 2.3.4 | DIN VDE 0100-510 (VDE 0100-510):2014-10 | 31 |
| 2.3.5 | DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534):2016-10 | 32 |
| 2.3.6 | Normen der Reihe DIN EN 62305-1/-2/-3/-4 (VDE 0185-305-1/-2/-3/-4) (Blitzschutznormen) | 33 |
| 2.3.7 | DIN VDE 0298-4 (VDE 0298-4):2013-06 und DIN VDE 0100-520 (VDE 0100-520):2013-06 | 33 |
| 2.3.8 | DIN EN 50310 (VDE 0800-2-310):2017-02 | 34 |
| 2.3.9 | DIN EN 50174-2 (VDE 0800-174-2):2015-02 | 34 |
| 2.3.10 | DIN EN 50083 Bbl. 1 (VDE 0855 Bbl. 1):2002-01 (informatives Beiblatt) | 35 |
| 2.3.11 | Sonstige Normen zum Thema EMV | 36 |
| 2.4 | Richtlinien und andere Schriften | 36 |
| 2.4.1 | Internationales Wörterbuch (IEV) | 36 |
| 2.4.2 | VdS 2349-2 (EMV-gerechte Errichtung von Niederspannungsanlagen) | 37 |
| 2.4.3 | VdS 3501 (Isolationsfehlerschutz in elektrischen Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln – RCD und FU) | 38 |
| 2.4.4 | VDI 3551 (Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in der Technischen Gebäudeausrüstung) | 38 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 3 | Begriffe und Definitionen | 39 |
| 3.1 | Einführung | 39 |
| 3.2 | Was bedeutet EMV? | 39 |
| 3.3 | Begriffsbestimmungen | 41 |
| 3.4 | Abkürzungen aus der Normenreihe VDE 0800 | 51 |
| 3.4.1 | Einführung | 51 |
| 3.4.2 | CBN | 51 |
| 3.4.3 | BN, MESH-BN | 52 |
| 3.4.4 | BRC | 53 |
| 3.4.5 | SRPP | 53 |
| 3.4.6 | MET | 54 |
| | | |
| 4 | Elektromagnetische Beeinflussung | 55 |
| 4.1 | Einführung | 55 |
| 4.2 | Das Beeinflussungsmodell | 55 |
| 4.3 | Störquelle und Störgröße | 56 |
| 4.3.1 | Grundsätzliches zu Störquellen | 56 |
| 4.3.2 | Feldgebundene Störquellen und Störgrößen | 57 |
| 4.3.2.1 | Elektrisches und magnetisches Feld | 57 |
| 4.3.2.2 | Bedeutung des elektrischen Feldes für die EMV | 59 |
| 4.3.2.3 | Bedeutung des magnetischen Feldes für die EMV | 63 |
| 4.3.2.3.1 | Einführung | 63 |
| 4.3.2.3.2 | Beeinflussungsfaktor: Frequenz und Stromänderungsgeschwindigkeit | 66 |
| 4.3.2.3.3 | Beeinflussungsfaktor: Induktivität | 68 |
| 4.3.2.4 | Bedeutung des elektromagnetischen Feldes für die EMV | 74 |
| 4.3.3 | Leitungsgebundene Störquellen und Störgrößen | 76 |
| 4.3.3.1 | Einführung | 76 |
| 4.3.3.2 | Die Spannung als Störgröße bei Berücksichtigung Ohm'scher Widerstände | 77 |
| 4.3.3.3 | Die Spannung als Störgröße bei Berücksichtigung induktiver Widerstände | 80 |
| 4.3.3.3.1 | Induktiver Widerstand von Mehraderleitungen und -kabeln | 80 |
| 4.3.3.3.2 | Induktiver Widerstand von Einzelleitern | 83 |
| 4.3.3.3.3 | Auswirkung des induktiven Widerstands bei verschiedenen Stromänderungsgeschwindigkeiten bzw. Frequenzen | 84 |
| 4.3.3.4 | Transiente Überspannungen | 86 |
| 4.3.3.4.1 | Einführung | 86 |
| 4.3.3.4.2 | Auswirkungen von Überspannungen durch Schaltvorgänge | 86 |
| 4.3.3.4.3 | Überspannungen durch Blitzschlag | 90 |
| 4.3.3.4.4 | Auswirkungen von Überspannungen durch Blitzschlag | 96 |
| 4.3.3.4.5 | Überspannungskategorien | 101 |
| 4.3.3.4.6 | Beurteilung des Überspannungsrisikos | 102 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 4.3.4 | Besonderheiten bei Oberschwingungen | 105 |
| 4.3.4.1 | Einführung | 105 |
| 4.3.4.2 | Oberschwingungen als Störgröße | 111 |
| 4.3.4.2.1 | Die Ausbreitung der Störung | 111 |
| 4.3.4.2.2 | Das Drehfeld der Oberschwingungen | 112 |
| 4.3.4.2.3 | Die Blindleistung der Oberschwingung | 113 |
| 4.3.4.2.4 | Auswirkungen von zwischenharmonischen Oberschwingungen | 118 |
| 4.3.4.3 | Störquellen, die Oberschwingungen erzeugen | 119 |
| 4.3.4.3.1 | Einführung | 119 |
| 4.3.4.3.2 | Gleichrichtung | 119 |
| 4.3.4.3.3 | Frequenzrichter | 122 |
| 4.3.4.3.4 | Phasenanschnittsteuerung/Dimmen | 124 |
| 4.3.4.3.5 | Magnetisierungsvorgänge | 125 |
| 4.3.4.4 | Besondere Begriffe beim Thema Oberschwingungen | 127 |
| 4.3.4.4.1 | Einführung | 127 |
| 4.3.4.4.2 | Scheitelfaktor/Crestfaktor ξ | 127 |
| 4.3.4.4.3 | Gesamt-Oberschwingungsstrom I_O | 128 |
| 4.3.4.4.4 | Klirrfaktor und der Oberschwingungsgehalt k | 129 |
| 4.3.4.4.5 | Grundschwingungsgehalt g | 130 |
| 4.3.4.4.6 | Verzerrungsfaktor d und der THD -Wert | 130 |
| 4.3.4.5 | Auswirkungen von Oberschwingungen | 131 |
| 4.3.4.5.1 | Einführung | 131 |
| 4.3.4.5.2 | Transformatoren | 131 |
| 4.3.4.5.3 | Drehende Maschinen | 132 |
| 4.3.4.5.4 | Leistungsschalter | 132 |
| 4.3.4.5.5 | Blindleistungsverluste | 132 |
| 4.3.4.5.6 | Stromverdrängung (Skinneffekt) | 132 |
| 4.3.4.5.7 | Neutralleiterüberlastung | 134 |
| 4.3.4.5.8 | Kompensationsanlagen | 137 |
| 4.3.4.5.9 | Messgeräte | 139 |
| 4.3.4.5.10 | Störstrahlungen | 139 |
| 4.4 | Störsenke | 140 |
| 4.5 | Kopplungen | 142 |
| 4.5.1 | Einleitung | 142 |
| 4.5.2 | Galvanische Kopplung | 142 |
| 4.5.3 | Kapazitive Kopplung | 144 |
| 4.5.4 | Induktive Kopplung | 145 |
| 4.5.5 | Strahlungskopplung | 146 |
| 5 | Maßnahmen gegen elektromagnetische Beeinflussung | 149 |
| 5.1 | Einführung | 149 |
| 5.2 | Das Netzsystem | 150 |
| 5.2.1 | Darstellung der Netzsysteme | 150 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 5.2.2 | Das TN-System | 153 |
| 5.2.2.1 | Die Verträglichkeit des TN-Systems bezüglich der EMV | 153 |
| 5.2.2.2 | Der PEN-Leiter | 153 |
| 5.2.2.2.1 | Aussagen zum PEN-Leiter in den Normen | 153 |
| 5.2.2.2.2 | Der Hausanschlusskasten (HAK) | 155 |
| 5.2.2.2.3 | Die Einspeisung der Niederspannungs-Hauptverteilung (NHV) .. | 158 |
| 5.2.2.2.4 | Probleme bei bestehenden Gebäuden mit PEN-Leiter | 163 |
| 5.2.2.2.5 | Gebäudeverbindende Kabel und Leitungen im TN-C-System | 163 |
| 5.2.3 | Das TT-System | 167 |
| 5.2.4 | Das IT-System | 168 |
| 5.2.5 | Erdung des Netzsystems | 168 |
| 5.2.5.1 | Einführung | 168 |
| 5.2.5.2 | Die gemeinsame Erdungsanlage | 169 |
| 5.2.5.3 | Die Erdung | 170 |
| 5.2.5.3.1 | Einführung | 170 |
| 5.2.5.3.2 | Fundamenterder | 170 |
| 5.3 | Potentialausgleich | 177 |
| 5.3.1 | Der Potentialausgleich nach DIN VDE 0100-410 und -540 | 177 |
| 5.3.1.1 | Einführung | 177 |
| 5.3.1.2 | Der Schutzpotentialausgleich | 177 |
| 5.3.1.3 | Der zusätzliche Schutzpotentialausgleich | 180 |
| 5.3.1.4 | Der Funktionspotentialausgleich | 182 |
| 5.3.1.4.1 | Einführung | 182 |
| 5.3.1.4.2 | Verschiedene Formen des Funktionspotentialausgleichs | 184 |
| 5.3.2 | Die kombinierte Potentialausgleichsanlage (CBN) nach VDE 0800-2-310 | 186 |
| 5.3.2.1 | Einführung | 186 |
| 5.3.2.3 | Leitfähige Rohr- und Kanalsysteme | 190 |
| 5.3.2.4 | Metallene Gebäudekonstruktionen | 192 |
| 5.3.2.5 | Kabelträgersysteme | 195 |
| 5.3.2.6 | Besondere Funktionspotentialausgleichsverbindungen | 197 |
| 5.3.2.7 | Anforderungen an Verbindungsleiter des Funktionspotentialausgleichs | 200 |
| 5.3.2.8 | Maschenförmiger und sternförmiger Potentialausgleich | 202 |
| 5.3.2.8.1 | Das Potentialausgleichs-Netzwerk | 202 |
| 5.3.2.8.2 | Vergleich zwischen maschen- und sternförmigem Potentialausgleich | 204 |
| 5.3.3 | Potentialausgleichsringleiter/Erdungssammelleiter (BRC) | 206 |
| 5.3.4 | Mesh-BN | 208 |
| 5.3.5 | Systembezugspotentialebene (SRPP) | 210 |
| 5.3.6 | Verschiedene Potentialausgleichsmaßnahmen im selben Gebäude | 213 |
| 5.3.7 | Blitzschutz-Potentialausgleich | 214 |
| 5.3.7.1 | Einführung | 214 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 5.3.7.2 | Einbeziehung von leitfähigen Teilen, die in das Gebäude eingeführt werden | 216 |
| 5.3.7.3 | Einbeziehung von leitfähigen Teilen innerhalb des Gebäudes | 216 |
| 5.3.7.4 | Einbeziehung von aktiven Teilen der elektrischen Anlage | 217 |
| 5.4 | Leitungsverlegung | 223 |
| 5.4.1 | Grundsätzliche Anordnungen | 223 |
| 5.4.2 | Geschützte Verlegung | 224 |
| 5.4.3 | Sternförmige Energieversorgung | 226 |
| 5.4.4 | Geeignete Leiteranordnung | 227 |
| 5.4.5 | Verlegeabstände | 228 |
| 5.4.5.1 | Einleitung | 228 |
| 5.4.5.2 | Mindestabstände zwischen informationstechnischen und energietechnischen Kabeln und Leitungen | 230 |
| 5.4.6 | Vermeidung von Schleifen | 232 |
| 5.4.6.1 | Einführung | 232 |
| 5.4.6.2 | Vermeidung von Störungen durch zusätzliche Potentialausgleichsverbindungen | 235 |
| 5.4.6.3 | Vermeidung von Störungen durch besondere Leitungsführung ... | 236 |
| 5.4.6.4 | Vermeidung von Störungen durch besonders geschirmte Kabel und Leitungen | 237 |
| 5.5 | Schirmung gegen Störfelder | 237 |
| 5.5.1 | Einführung | 237 |
| 5.5.2 | Niederfrequente elektrische Felder (Nahfeldbedingungen) | 241 |
| 5.5.3 | Magnetische Felder mit niedrigen und höheren Frequenzen | 243 |
| 5.5.3.1 | Einführung | 243 |
| 5.5.3.2 | Magnetostatische Schirmung | 243 |
| 5.5.3.3 | Wirbelstromschirmung | 245 |
| 5.5.4 | Hochfrequente magnetische und elektrische Felder | 250 |
| 5.5.4.1 | Einführung | 250 |
| 5.5.4.2 | Kabelschirmung bei hohen Frequenzen | 251 |
| 5.5.4.3 | Gebäude- und Raumschirmung bei hohen Frequenzen | 254 |
| 5.5.5 | Besonderheiten bei der Kabelschirmung | 255 |
| 5.5.5.1 | Schirmanschluss | 255 |
| 5.5.5.2 | Verlegung von geschirmten Kabeln | 260 |
| 5.5.5.3 | Besonderheiten bei Kabeln im Außenbereich | 260 |
| 5.5.5.3.1 | Einführung | 260 |
| 5.5.5.3.2 | Kabel mit stromtragfähigem Schirm | 262 |
| 5.5.5.3.3 | Kabel in besonderen Schirmrohren oder -kanälen | 263 |
| 5.5.5.3.4 | Verlegung in besonderen Kabelkanälen | 263 |
| 5.5.5.4 | Verdrillte Leitungen | 264 |
| 5.5.5.5 | Bewertung von Kabelschirmen | 265 |
| 5.5.6 | Besonderheiten bei der Raum- oder Gebäudeschirmung | 266 |
| 5.5.6.1 | Einführung | 266 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 5.5.6.2 | Raum- und Gebäudeschirmung nach Gesichtspunkten der EMV | 267 |
| 5.5.6.3 | Berücksichtigung des Blitzschutzes nach VDE 0185-305 | 272 |
| 5.6 | Filtermaßnahmen bei Oberschwingungen | 276 |
| 5.6.1 | Einführung | 276 |
| 5.6.2 | Arten und Auswahl von Filtern | 279 |
| 5.6.3 | Montage von Filtern | 284 |
| 5.7 | Ausführung des Schaltschranks | 288 |
| 5.7.1 | Einleitung | 288 |
| 5.7.2 | Vorbereitende Überlegungen | 289 |
| 5.7.3 | Auswahl und Montage | 289 |
| 5.7.3.1 | Aufteilung des Schaltschranks in Zonen | 289 |
| 5.7.3.2 | Sammelschienenaufbau und -anordnung | 292 |
| 5.7.3.3 | Schutzklasse und Potentialausgleichsverbindungen | 292 |
| 5.7.3.4 | Leitungsverlegung | 296 |
| 5.7.3.5 | Schirmung des Schaltschranks | 298 |
| 5.7.3.6 | Überspannungsschutz und schaltbedingte Störfelder | 299 |
| 5.7.3.7 | Aufstellung des Schaltschranks | 302 |
| 5.8 | Einzelmaßnahmen | 303 |
| 5.8.1 | Besonderheiten bei Frequenzumrichterantrieben | 303 |
| 5.8.1.1 | Einleitung | 303 |
| 5.8.1.2 | Zwei grundsätzliche Anforderungen bei Frequenzumrichterantrieben | 307 |
| 5.8.1.3 | Potentialausgleich, Leitungsverlegung und Schirmung | 308 |
| 5.8.1.4 | Filterung | 309 |
| 5.8.1.4.1 | Primäre Filter | 309 |
| 5.8.1.4.1 | Sekundäre Filter | 311 |
| 5.8.2 | Besonderheiten bei USV-Anlagen | 315 |
| 5.8.3 | Besonderheiten bei bestehenden Gebäuden mit TN-C-Systemen | 317 |
| 5.8.3.1 | Alternative Möglichkeiten | 317 |
| 5.8.3.2 | Umwandlung eines TN-C-Systems in ein TN-S-System | 317 |
| 5.8.4 | Überwachung eines sauberen TN-S-Systems | 319 |
| 5.8.5 | Vorbeugung von Korrosionen | 322 |
| 5.8.5.1 | Wie entsteht Korrosion? | 322 |
| 5.8.5.1.1 | Einführung | 322 |
| 5.8.5.1.2 | Chemische Korrosion | 322 |
| 5.8.5.1.3 | Elektrochemische Korrosion | 323 |
| 5.8.5.1.4 | Korrosion durch Konzentrationselemente | 325 |
| 5.8.5.1.5 | Korrosion in Erdungssystemen | 326 |
| 5.8.5.2 | Vermeidung von Korrosion | 328 |
| 6 | Planung und Dokumentation | 331 |
| 6.1 | Einführung | 331 |
| 6.2 | Die Planung in Phasen | 332 |
| 6.2.1 | Einführung | 332 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 6.2.2 | Die Entwurfsplanung | 332 |
| 6.2.3 | Die Ausführungs- oder Detailplanung | 333 |
| 6.2.4 | Die Bauphase | 335 |
| 6.3 | Die Dokumentation | 338 |
| 6.3.1 | Einführung | 338 |
| 6.3.2 | Darstellung des Gesamtkonzepts | 339 |
| 6.3.3 | Kabellisten | 339 |
| 6.3.4 | Stromlaufpläne | 339 |
| 6.3.5 | Netzpläne der Energieverteilung | 339 |
| 6.3.6 | Fundamenterderpläne | 339 |
| 6.3.7 | Potentialausgleichspläne | 340 |
| 6.3.8 | Dachaufsicht | 340 |
| 6.3.9 | Kabeltrassenpläne | 340 |
| 6.3.10 | Besondere Kabelpläne | 342 |
| 6.3.11 | Kennzeichnungen | 342 |
| 6.3.12 | Prüfbericht | 343 |
| 6.3.13 | Sonstige Listen | 344 |
| 7 | Prüfung elektrischer Anlagen unter Berücksichtigung der EMV | 347 |
| 7.1 | Einführung | 347 |
| 7.2 | Messgeräte | 347 |
| 7.2.1 | Strommessungen | 347 |
| 7.2.2 | Feldmessungen | 348 |
| 7.2.3 | Netzanalysen | 349 |
| 7.2.4 | Sonstige Messgeräte und Zubehör | 351 |
| 7.3 | Die Erst- und die Wiederholungsprüfung | 352 |
| 7.3.1 | Einführung | 352 |
| 7.3.2 | Sichtprüfung | 353 |
| 7.3.3 | Messungen | 354 |
| 7.3.3.1 | Feldmessungen | 354 |
| 7.3.3.2 | Strommessungen | 355 |
| 7.3.3.2.1 | Ströme in aktiven Leitern | 355 |
| 7.3.3.2.2 | Ströme in nicht aktiven Leitern | 356 |
| 7.3.3.2.3 | Differenzstrommessungen in Verteileranlagen | 356 |
| 7.3.3.3 | Netzanalyse | 359 |
| 8 | Literatur | 363 |
| 8.1 | Normen | 363 |
| 8.2 | Richtlinien/Leitfäden | 367 |
| 8.3 | Fachliteratur | 368 |
| | Stichwortverzeichnis | 369 |