

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	7
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	21
<b>2 Gesetzliche und vertragliche Bedingungen</b> .....	23
2.1 Gesetzliche Bedingungen .....	23
2.1.1 Maschinenrichtlinie .....	23
2.1.2 EMV-Richtlinie .....	26
2.1.3 Niederspannungsrichtlinie .....	30
2.1.4 Verordnung für die umweltgerechte Gestaltung von Käfigläufer-Induktionsmotoren .....	31
2.1.5 Verordnung für Kleinleistungs-, Mittelleistungs- und Großtransformatoren .....	33
2.1.6 Anerkannte Regeln der Technik .....	35
2.2 Vertragliche Anforderungen .....	37
<b>3 Begriffe und Abkürzungen</b> .....	43
3.1 Abkürzungen .....	46
<b>4 Allgemeine Anforderungen</b> .....	47
4.1 Allgemeines .....	47
4.2 Auswahl der elektrischen Ausrüstung .....	52
4.2.1 Allgemeines .....	52
4.2.2 Schaltschrankkombinationen .....	53
4.3 Stromversorgung .....	54
4.3.1 Allgemeines .....	54
4.3.2 Wechselstromversorgung .....	56
4.3.3 Gleichstromversorgung .....	60
4.3.4 Besondere Stromversorgungssysteme .....	61
4.4 Physikalische Umgebungs- und Betriebsbedingungen .....	62
4.4.1 Allgemeines .....	62
4.4.2 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) .....	62
4.4.3 Umgebungstemperatur der Luft .....	65
4.4.4 Luftfeuchte .....	68
4.4.5 Höhenlage .....	70
4.4.6 Verschmutzung .....	72

4.4.7	Ionisierende und nicht ionisierende Strahlung . . . . .	72
4.4.8	Vibration, Schock und Stoß . . . . .	73
4.5	Transport und Lagerung . . . . .	74
4.6	Handhabungsvorrichtungen . . . . .	74
<b>5</b>	<b>Netzanschlussklemmen und Einrichtungen zum Trennen und Ausschalten . . . . .</b>	<b>75</b>
5.1	Netzanschlussklemmen . . . . .	75
5.2	Klemmen für den externen Schutzleiter . . . . .	89
5.3	Netztrenneinrichtung . . . . .	90
5.3.1	Arten von Schaltgeräten . . . . .	92
5.3.2	Zusätzliche Anforderungen an die Netztrenneinrichtung . . . . .	93
5.3.3	Bedienungsvorrichtung der Netztrenneinrichtung . . . . .	95
5.3.4	Ausgenommene Stromkreise . . . . .	99
5.4	Einrichtungen zur Unterbrechung der Energiezufuhr zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf . . . . .	102
5.5	Einrichtungen zum Trennen der elektrischen Ausrüstung . . . . .	104
5.6	Schutz vor unbefugten, unbeabsichtigten und/oder irrtümlichen Schließen . . . . .	106
<b>6</b>	<b>Schutz gegen elektrischen Schlag . . . . .</b>	<b>113</b>
6.1	Allgemeines . . . . .	114
6.2	Basisschutz . . . . .	115
6.2.1	Schutz durch Gehäuse . . . . .	117
6.2.2	Schutz durch Isolierung aktiver Teile . . . . .	121
6.2.3	Schutz gegen Restspannung . . . . .	122
6.2.4	Schutz durch Abdeckungen . . . . .	126
6.2.5	Schutz durch Abstand oder Hindernisse . . . . .	126
6.3	Fehlerschutz . . . . .	127
6.3.1	Allgemeines . . . . .	127
6.3.2	Maßnahmen, die das Auftreten einer (gefährlichen) Berührungsspannung verhindern . . . . .	129
6.3.2.1	Schutzklasse II . . . . .	130
6.3.2.2	Schutztrennung . . . . .	131
6.3.3	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung . . . . .	135
6.4	Schutz durch PELV . . . . .	143
6.4.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	143
6.4.2	Stromquellen für PELV . . . . .	146

<b>7</b>	<b>Schutz der Ausrüstung</b> . . . . .	147
7.1	Allgemeines . . . . .	147
7.2	Überstromschutz . . . . .	148
7.2.1	Allgemeines . . . . .	148
7.2.2	Netzanschlussleitung . . . . .	149
7.2.3	Hauptstromkreise . . . . .	150
7.2.4	Steuerstromkreise . . . . .	152
7.2.5	Steckdosenstromkreise und ihre zugehörigen Leiter . . . . .	155
7.2.6	Beleuchtungsstromkreise . . . . .	155
7.2.7	Transformatoren . . . . .	156
7.2.8	Anordnung von Überstromschutzeinrichtungen . . . . .	156
7.2.9	Überstromschutzeinrichtungen . . . . .	161
7.2.10	Bemessungs- und Einstellwerte der Überstromschutzeinrichtungen . . . . .	163
7.3	Schutz von Motoren gegen Überhitzung . . . . .	165
7.3.1	Allgemeines . . . . .	167
7.3.2	Überlastschutz . . . . .	169
7.3.3	Übertemperaturschutz . . . . .	171
7.4	Schutz gegen anormale Temperaturen . . . . .	172
7.5	Schutz gegen Folgen bei Unterbrechung der Stromversorgung oder Spannungseinbruch und Spannungswiederkehr. . . . .	173
7.6	Motorüberdrehzahlenschutz . . . . .	175
7.7	Zusätzlicher Erdschluss-/Fehlerstromschutz . . . . .	177
7.8	Drehfeldüberwachung . . . . .	181
7.9	Schutz gegen Überspannung durch Blitzschlag und durch Schalthandlungen . . . . .	181
7.10	Bemessungskurzschlussstrom . . . . .	184
<b>8</b>	<b>(Schutz-)Potentialausgleich</b> . . . . .	187
8.1	Allgemeines . . . . .	187
8.2	Schutzleitersystem . . . . .	193
8.2.1	Schutzleiter . . . . .	194
8.2.2	Durchgängigkeit des Schutzleitersystems . . . . .	202
8.2.3	Schutzleiteranschlusspunkte . . . . .	206
8.2.4	Fahrbare Maschinen . . . . .	206
8.2.5	Zusätzliche Anforderungen an die elektrische Ausrüstung mit Erdableitströmen größer 10 mA . . . . .	207
8.3	Maßnahmen zur Reduzierung hoher Ableitströme . . . . .	213
8.4	Funktionspotentialausgleich . . . . .	214

<b>9</b>	<b>Steuerstromkreise und Steuerfunktionen</b> . . . . .	219
9.1	Steuerstromkreise . . . . .	219
9.1.1	Stromversorgungen von Steuerstromkreisen . . . . .	219
9.1.2	Steuerspannung . . . . .	221
9.1.3	Schutz . . . . .	228
9.2	Steuerfunktionen . . . . .	231
9.2.1	Allgemeines . . . . .	231
9.2.2	Kategorien der Stoppfunktionen . . . . .	231
9.2.3	Betrieb . . . . .	235
9.2.3.1	Allgemeines . . . . .	235
9.2.3.2	Start . . . . .	235
9.2.3.3	Stopp . . . . .	236
9.2.3.4	Handlungen im Notfall (Not-Halt, Not-Aus) . . . . .	238
9.2.3.4.1	Allgemeines . . . . .	239
9.2.3.4.2	Not-Halt . . . . .	241
9.2.3.4.3	Not-Aus . . . . .	242
9.2.3.5	Betriebsarten . . . . .	245
9.2.3.6	Überwachung von Befehlshandlungen . . . . .	247
9.2.3.7	Befehlseinrichtungen mit selbsttätiger Rückstellung . . . . .	247
9.2.3.8	Zweihandschaltung . . . . .	248
9.2.3.9	Zustimmungsfunktion . . . . .	249
9.2.3.10	Kombinierte Start-Stopp-Steuerung . . . . .	250
9.2.4	Kabellose Steuerungen (CCS) . . . . .	250
9.2.4.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	250
9.2.4.2	Überwachung der Wirksamkeit eines kabellosen Steuerungssystems zur Steuerung einer Maschine . . . . .	251
9.2.4.3	Grenzen der Steuerung . . . . .	252
9.2.4.4	Verwendung von mehreren kabellosen Steuerstellen . . . . .	252
9.2.4.5	Tragbare kabellose Steuerstellen . . . . .	253
9.2.4.6	Absichtliche Deaktivierung kabelloser Steuerstellen . . . . .	253
9.2.4.7	Not-Halt-Geräte an tragbaren kabellosen Steuerstellen . . . . .	254
9.2.4.8	Not-Halt: Rücksetzung . . . . .	255
9.3	Schutzverriegelungen . . . . .	256
9.3.1	Schließen oder Zurücksetzen einer verriegelten Schutzeinrichtung . . . . .	256
9.3.2	Überschreiten von Betriebsgrenzen . . . . .	258
9.3.3	Betrieb von Hilfsfunktionen . . . . .	260
9.3.4	Verriegelung zwischen verschiedenen Funktionen und für gegenläufige Bewegungen . . . . .	261
9.3.5	Gegenstrombremsung . . . . .	262
9.3.6	Aufhebung von Sicherheitsfunktionen und/oder Schutzmaßnahmen . . . . .	262

9.4	Steuerfunktionen im Fehlerfall . . . . .	263
9.4.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	263
9.4.2	Maßnahmen zur Risikoverminderung im Fehlerfall . . . . .	265
9.4.2.1	Allgemeines . . . . .	265
9.4.2.2	Verwendung von erprobten Techniken und Bauteilen . . . . .	265
9.4.2.3	Teilweise oder vollständige Ausführung . . . . .	266
9.4.2.4	Diversitäre Ausführung . . . . .	267
9.4.2.5	Vorkehrungen für Funktionsprüfungen . . . . .	268
9.4.3	Schutz gegen Fehlfunktionen von Steuerstromkreisen . . . . .	269
9.4.3.1	Isolationsfehler. . . . .	269
9.4.3.1.1	Allgemeines . . . . .	269
9.4.3.1.2	Methode a) Geerdete Stromkreise, die über einen Transformator versorgt werden . . . . .	271
9.4.3.1.3	Methode b) Ungeerdete Stromkreise, die über einen Transformator versorgt werden . . . . .	272
9.4.3.1.4	Methode c) Stromkreise, die über einen Transformator mit einer geerdeten Mittelanzapfung versorgt werden . . . . .	275
9.4.3.1.5	Methode d) Stromkreise, die nicht über einen Transformator versorgt werden . . . . .	276
9.4.3.2	Spannungsunterbrechungen . . . . .	280
9.4.3.3	Verlust der Durchgängigkeit eines Stromkreises . . . . .	280
<b>10</b>	<b>Bedienerschnittstellen und an der Maschine befestigte Steuergeräte . . . . .</b>	<b>281</b>
10.1	Allgemeines . . . . .	281
10.1.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	281
10.1.2	Anordnung und Montage . . . . .	282
10.1.3	Schutzart. . . . .	284
10.1.4	Positionssensoren. . . . .	284
10.1.5	Tragbare und herabhängende Bedienstationen . . . . .	286
10.2	Bedienteile . . . . .	286
10.2.1	Farben. . . . .	287
10.2.2	Kennzeichnung. . . . .	288
10.3	Anzeigeleuchten und Anzeigen . . . . .	290
10.3.1	Allgemeines . . . . .	290
10.3.2	Farben. . . . .	292
10.3.3	Blinkende Leuchten und Anzeigen . . . . .	293
10.4	Leuchtdrucktaster. . . . .	294
10.5	Drehbare Bedienelemente . . . . .	295
10.6	Starteinrichtungen . . . . .	295

10.7	Geräte für Not-Halt . . . . .	296
10.7.1	Anordnung der Geräte für Not-Halt. . . . .	296
10.7.2	Arten von Not-Halt-Geräten . . . . .	297
10.7.3	Betätigung der Netztrenneinrichtung, um Not-Halt zu bewirken. . . . .	299
10.8	Geräte für Not-Aus. . . . .	300
10.8.1	Anordnung der Geräte für Not-Aus. . . . .	300
10.8.2	Arten von Not-Aus-Befehlsgeräten . . . . .	302
10.8.3	Betätigung der Netztrenneinrichtung vor Ort, um Not-Aus zu bewirken. . . . .	302
10.9	Zustimmeeinrichtungen . . . . .	303
<b>11</b>	<b>Schaltgeräte: Anordnung, Befestigung und Gehäuse . . . . .</b>	<b>305</b>
11.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	306
11.2	Anordnung und Befestigung . . . . .	307
11.2.1	Zugänglichkeit und Instandhaltung . . . . .	307
11.2.2	Räumliche Trennung oder Gruppierung . . . . .	312
11.2.3	Wärmeentwicklung . . . . .	316
11.3	Schutzart. . . . .	318
11.4	Gehäuse, Türen und Öffnungen . . . . .	322
11.5	Zugang zur elektrischen Ausrüstung . . . . .	324
<b>12</b>	<b>Leiter, Kabel und Leitungen . . . . .</b>	<b>335</b>
12.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	336
12.2	Leiter . . . . .	338
12.3	Isolierung . . . . .	340
12.4	Strombelastbarkeit im Normalbetrieb . . . . .	341
12.5	Spannungsfall bei Leitern und Leitungen . . . . .	343
12.6	Flexible Leitungen . . . . .	346
12.6.1	Allgemeines . . . . .	346
12.6.2	Mechanische Bemessung . . . . .	348
12.6.3	Strombelastbarkeit von aufgetrommelten Leitungen . . . . .	348
12.7	Schleifleitungen, Stromschienen und Schleifringkörper . . . . .	351
12.7.1	Basisschutz. . . . .	353
12.7.2	Schutzleiter. . . . .	354
12.7.3	Schutzleiterstromabnehmer . . . . .	355
12.7.4	Abklappbare Stromabnehmer mit Trennfunktion . . . . .	355
12.7.5	Luftstrecken . . . . .	356
12.7.6	Kriechstrecken . . . . .	356
12.7.7	Schleifleitungsabschnitte . . . . .	357

12.7.8	Konstruktion und Errichtung von Schleifleitungen, Stromschienensystemen und Schleifringanlagen. . . . .	359
<b>13</b>	<b>Verdrahtungstechnik</b> . . . . .	<b>361</b>
13.1	Anschlüsse und Verlauf . . . . .	361
13.1.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	361
13.1.2	Trassen für Leiter und Leitungen . . . . .	365
13.1.3	Leiter von verschiedenen Stromkreisen. . . . .	366
13.1.4	Wechselstromkreise – elektromagnetischer Effekt (Vermeidung von Wirbelströmen) . . . . .	367
13.1.5	Verbindungen zwischen dem Aufnehmer und dem Umrichter des Aufnehmers eines induktiven Energieübertragungssystems . . . . .	367
13.2	Identifizierung von Leitern . . . . .	369
13.2.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	369
13.2.2	Identifizierung des Schutzleiters . . . . .	371
13.2.3	Identifizierung des Neutralleiters. . . . .	372
13.2.4	Identifizierung durch Farbe . . . . .	374
13.3	Verdrahtung innerhalb von Gehäusen . . . . .	375
13.4	Verdrahtung außerhalb von Gehäusen . . . . .	377
13.4.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	377
13.4.2	Äußere Leitungskanäle . . . . .	378
13.4.3	Verbindungen zu beweglichen Maschinenteilen . . . . .	379
13.4.4	Verbindung zwischen Betriebsmitteln an der Maschine . . . . .	383
13.4.5	Stecker-/Steckdosenkombinationen . . . . .	383
13.4.6	Demontage für den Versand. . . . .	386
13.4.7	Zusätzliche Leiter. . . . .	386
13.5	Elektroinstallationskanäle, Klemmenkästen und andere Gehäuse. . . . .	387
13.5.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	387
13.5.2	Starre metallene Elektroinstallationsrohre und deren Befestigung . . . . .	389
13.5.3	Flexible metallene Elektroinstallationsrohre und deren Befestigungen. . . . .	390
13.5.4	Zu öffnende Elektroinstallationskanäle . . . . .	390
13.5.5	Einbauräume in Maschinen und zu öffnenden Elektroinstallationskanälen . . . . .	392
13.5.6	Klemmenkästen und andere Gehäuse . . . . .	392
13.5.7	Motoranschlusskästen . . . . .	392
<b>14</b>	<b>Elektromotoren und zugehörige Ausrüstung</b> . . . . .	<b>395</b>
14.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	395
14.2	Motorgehäuse. . . . .	396

14.3	Motorabmessungen . . . . .	397
14.4	Motorenanordnung und -einbauträume. . . . .	397
14.5	Kriterien für die Motorauswahl . . . . .	399
14.6	Schutzgeräte für mechanische Bremsen . . . . .	400
<b>15</b>	<b>Steckdosen und Beleuchtung. . . . .</b>	<b>401</b>
15.1	Steckdosen für Zubehör . . . . .	401
15.2	Arbeitsplatzbeleuchtung an der Maschine und deren Ausrüstung. . .	404
15.2.1	Allgemeines . . . . .	404
15.2.2	Stromversorgung . . . . .	405
15.2.3	Fehlerschutz . . . . .	409
15.2.4	Befestigungen. . . . .	409
<b>16</b>	<b>Kennzeichnung, Warnschilder und Referenzkennzeichen. . . . .</b>	<b>411</b>
16.1	Allgemeines . . . . .	411
16.2	Warnschilder . . . . .	412
16.2.1	Gefährdung durch elektrischen Schlag . . . . .	412
16.2.2	Gefährdung durch heiße Oberflächen . . . . .	414
16.3	Funktionskennzeichen . . . . .	416
16.4	Kennzeichnung von Gehäusen der elektrischen Ausrüstung . . . . .	417
16.5	Referenzkennzeichen . . . . .	419
<b>17</b>	<b>Technische Dokumentation . . . . .</b>	<b>429</b>
<b>18</b>	<b>Prüfungen . . . . .</b>	<b>435</b>
18.1	Allgemeines . . . . .	439
18.2	Überprüfung der Bedingungen zum Schutz durch automatische Abschaltung . . . . .	440
18.2.1	Allgemeines . . . . .	440
18.2.2	Prüfung 1 – Überprüfung der Durchgängigkeit der Schutzleiterstromkreise . . . . .	441
18.2.3	Prüfung 2 – Überprüfung der Fehlerschleifenimpedanz und der Eignung der zugeordneten Überstromschatzeinrichtung. . . . .	443
18.2.4	Anwendung der Prüfmethode für TN-Systeme . . . . .	448
18.3	Isolationswiderstandsprüfung . . . . .	452
18.4	Spannungsprüfung . . . . .	453
18.5	Schutz gegen Restspannung. . . . .	455
18.6	Funktionsprüfung. . . . .	456
18.7	Nachprüfungen. . . . .	457

<b>Anhänge</b> .....	459
<b>Anhang A (normativ)</b>	
<b>Fehlerschutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung</b> . . . .	460
A.1.1 Allgemeines .....	461
A.1.2 Bedingungen für den Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung mit Überstromschutzeinrichtung .....	462
A.1.3 Bedingungen für den Schutz durch Reduzierung der Berührungsspannung unter AC 50 V .....	465
A.1.4 Überprüfung der Bedingungen zum Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung .....	466
A.1.4.1 Allgemeines .....	466
A.1.5 Messung der Fehlerschleifenimpedanz .....	469
A.2 Fehlerschutz in TT-Systemen .....	470
A.2.1 Verbindung mit Erde .....	470
A.2.2 Fehlerschutz für TT-Systeme .....	471
A.2.2.1 Allgemeines .....	471
A.2.2.2 Schutz durch Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) .....	472
A.2.2.3 Schutz durch Überstromschutzeinrichtungen .....	474
A.2.3 Überprüfung des Schutzes durch automatische Abschaltung der Stromversorgung mit einer Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) . . .	474
A.2.4 Messung der Fehlerschleifenimpedanz $Z_s$ .....	474
<b>Anhang B (informativ)</b>	
<b>Fragebogen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen</b> .....	475
<b>Anhang C (informativ)</b>	
<b>Beispiele von Maschinen, die durch diesen Teil der DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) abgedeckt sind</b> .....	479
<b>Anhang D (informativ)</b>	
<b>Strombelastbarkeit und Überstromschutz für Leiter und Leitungen in der elektrischen Ausrüstung von Maschinen</b> .....	480
D.1 Allgemeines .....	480
D.2 Allgemeine Betriebsbedingungen .....	480
D.2.1 Umgebungsbedingungen der Luft .....	480
D.2.2 Verlegearten .....	481
D.2.3 Häufung von Leitungen .....	482
D.2.4 Einstufung der Leiter .....	483
D.3 Koordinierung zwischen Leitern und Überstromschutzeinrichtungen	484

D.4	Überstromschutz für Leiter . . . . .	485
D.5	Einfluss von Oberschwingungen in 3-Phasen-Systemen. . . . .	486
<b>Anhang E (informativ)</b>		
<b>Erläuterungen der Funktionen für Handlungen im Notfall . . . . .</b>		<b>488</b>
<b>Anhang F (informativ)</b>		
<b>Anleitung zur Anwendung dieses Teils der DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1)</b>		<b>489</b>
<b>Anhang G (informativ)</b>		
<b>Vergleich typischer Leiterquerschnitte . . . . .</b>		<b>493</b>
<b>Anhang H (informativ)</b>		
<b>Maßnahmen zur Reduzierung der elektromagnetischen Einflüsse. . . . .</b>		<b>494</b>
H.3	Reduzierung elektromagnetischer Einflüsse (EMI). . . . .	495
H.3.1	Allgemeines . . . . .	495
H.3.2	Maßnahmen zur Reduzierung elektromagnetischer Einflüsse (EMI) .	495
H.4	Trennung und Abschirmung von Leitungen . . . . .	496
<b>Anhang I (informativ)</b>		
<b>Dokumentation/Informationen. . . . .</b>		<b>502</b>
<b>Anhang ZZA (informativ)</b>		
<b>Zusammenhang mit den grundlegenden Anforderungen der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG . . . . .</b>		<b>516</b>
<b>Anhang ZZB (informativ)</b>		
<b>Zusammenhang mit den grundlegenden Anforderungen der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU. . . . .</b>		<b>520</b>
<b>Literatur . . . . .</b>		<b>525</b>
<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>		<b>537</b>