Inhalt

Vorwort 5

1 Anwendungsbereich 21

2 Gesetze, Normen und Verträge 25
2.1 Gesetze für die elektrische Ausrüstung von Maschinen 25
2.1.1 Relevante EU-Richtlinien 25
2.1.2 Anhänge der relevanten EU-Richtlinien 28
2.1.2.1 Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG 28
2.1.2.2 Anhang I der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU 67
2.1.2.3 Anhang I der EMV-Richtlinie 2014/30/EU 81
2.1.2.4 Zusammenfassung Richtlinien und Normen 88
2.2 Vermutungswirkung 88
2.3 Vom Gesetz zur Norm 94
2.4 Risikobeurteilung 101
2.4.1 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf 107
2.4.2 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zu Start-Warneinrichtungen . . 109
2.4.3 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Auswahl der Stopp-Kategorie 111
2.4.4 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zum Stopp-Befehl bei mehreren Bedienstationen 113
2.4.5 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Stopp-Kategorie bei Not-Halt 114
2.4.6 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zu Zweihandschaltungen 114
2.4.7 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zu kabellose Steuerungssystemen (CCS) 115
2.4.8 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Überwachung der Wirksamkeit eines kabellosen Steuerungssystems zur Steuerung der Maschine 116
2.4.9 Erwägungen bei der Risikobeurteilung bei Verwendung von mehreren kabellosen Steuerstellen 117
2.4.10 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Not-Halt-Rücksetzung . . 118
2.4.11 Erwägungen bei der Risikobeurteilung für Steuerfunktionen im Fehlerfall 119
2.4.12 Erwägungen bei der Risikobeurteilung bei einer Gefährdung durch heiße Oberflächen 121

2.4.13 Dokumentation des Ergebnisses der Risikobeurteilung. 122
2.5 Konformitätserklärungen für die elektrische Ausrüstung 123
2.6 CE-Kennzeichnung 124
2.7 Verordnung für die umweltgerechte Gestaltung von Käfigläufer-Induktionsmotoren. 124
2.8 Verordnung für Kleinleistungs-, Mittelleistungs- und Großtransformatoren. 127
2.9 Anerkannte Regeln der Technik. 132
2.10 Vertragliche Anforderungen. 134

3 Begriffe und Abkürzungen 139

4 Allgemeine Anforderungen 143
4.1 Allgemeines 143
4.2 Auswahl der elektrischen Ausrüstung 148
4.2.1 Allgemeines 148
4.2.2 Schaltschrankkombinationen 149
4.3 Stromversorgung 150
4.3.1 Allgemeines 150
4.3.2 Wechselstromversorgung 152
4.3.3 Gleichstromversorgung 156
4.3.4 Besondere Stromversorgungssysteme 157
4.4 Physikalische Umgebungs- und Betriebsbedingungen 158
4.4.1 Allgemeines 158
4.4.2 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). 158
4.4.3 Umgebungstemperatur der Luft. 161
4.4.4 Luftfeuchte. 164
4.4.5 Höhenlage 166
4.4.6 Verschmutzung. 168
4.4.7 Ionisierende und nicht ionisierende Strahlung. 168
4.4.8 Vibration, Schock und Stoß 169
4.5 Transport und Lagerung. 170
4.6 Handhabungsvorrichtungen 170

5 Netzanschlussklemmen und Einrichtungen zum Trennen und Ausschalten. 171
5.1 Netzanschlussklemmen 171
5.2 Klemmen für den externen Schutzleiter. 185
5.3 Netztrenneinrichtung 186
5.3.1 Arten von Schaltgeräten. 188

5.3.2	Zusätzliche Anforderungen an die Netztrenneinrichtung	189
5.3.3	Bedienungsvorrichtung der Netztrenneinrichtung	191
5.3.4	Ausgenommene Stromkreise	195
5.4	Einrichtungen zur Unterbrechung der Energiezufuhr zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf	198
5.5	Einrichtungen zum Trennen der elektrischen Ausrüstung	200
5.6	Schutz vor unbefugtem, unbeabsichtigtem und/oder irrtümlichem Schließen	202
6	**Schutz gegen elektrischen Schlag**	209
6.1	Allgemeines	210
6.2	Basisschutz	211
6.2.1	Schutz durch Gehäuse	213
6.2.2	Schutz durch Isolierung aktiver Teile	217
6.2.3	Schutz gegen Restspannung	218
6.2.4	Schutz durch Abdeckungen	222
6.2.5	Schutz durch Abstand oder Hindernisse	222
6.3	Fehlerschutz	223
6.3.1	Allgemeines	223
6.3.2	Maßnahmen, die das Auftreten einer (gefährlichen) Berührungsspannung verhindern	226
6.3.2.1	Schutzklasse II	227
6.3.2.2	Schutztrennung	227
6.3.3	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	232
6.4	Schutz durch PELV	239
6.4.1	Allgemeine Anforderungen	240
6.4.2	Stromquellen für PELV	242
7	**Schutz der Ausrüstung**	245
7.1	Allgemeines	245
7.2	Überstromschutz	246
7.2.1	Allgemeines	246
7.2.2	Netzanschlussleitung	247
7.2.3	Hauptstromkreise	248
7.2.4	Steuerstromkreise	250
7.2.5	Steckdosenstromkreise und ihre zugehörigen Leiter	253
7.2.6	Beleuchtungsstromkreise	253
7.2.7	Transformatoren	254
7.2.8	Anordnung von Überstromschutzeinrichtungen	254
7.2.9	Überstromschutzeinrichtungen	259

7.2.10	Bemessungs- und Einstellwerte der Überstromschutzeinrichtungen	261
7.3	Schutz von Motoren gegen Überhitzung	263
7.3.1	Allgemeines	265
7.3.2	Überlastschutz	267
7.3.3	Übertemperaturschutz	269
7.4	Schutz gegen anormale Temperaturen	270
7.5	Schutz gegen Folgen bei Unterbrechung der Stromversorgung oder Spannungseinbruch und Spannungswiederkehr	271
7.6	Motorüberdrehzahlschutz	273
7.7	Zusätzlicher Erdschluss-/Fehlerstromschutz	275
7.8	Drehfeldüberwachung	279
7.9	Schutz gegen Überspannung durch Blitzschlag und durch Schalthandlungen	279
7.10	Bemessungskurzschlussstrom	282
8	**(Schutz-)Potentialausgleich**	285
8.1	Allgemeines	285
8.2	Schutzleitersystem	291
8.2.1	Schutzleiter	293
8.2.2	Durchgängigkeit des Schutzleitersystems	301
8.2.3	Schutzleiteranschlusspunkte	305
8.2.4	Fahrbare Maschinen	305
8.2.5	Zusätzliche Anforderungen an die elektrische Ausrüstung mit Erdableitströmen größer 10 mA	306
8.3	Maßnahmen zur Reduzierung hoher Ableitströme	312
8.4	Funktionspotentialausgleich	313
9	**Steuerstromkreise und Steuerfunktionen**	317
9.1	Steuerstromkreise	317
9.1.1	Stromversorgungen von Steuerstromkreisen	317
9.1.2	Steuerspannung	319
9.1.3	Schutz	326
9.2	Steuerfunktionen	329
9.2.1	Allgemeines	329
9.2.2	Kategorien der Stoppfunktionen	329
9.2.3	Betrieb	333
9.2.3.1	Allgemeines	333
9.2.3.2	Start	333
9.2.3.3	Stopp	334
9.2.3.4	Handlungen im Notfall (Not-Halt, Not-Aus)	337

9.2.3.4.1 Allgemeines 338
9.2.3.4.2 Not-Halt 340
9.2.3.4.3 Not-Aus 341
9.2.3.5 Betriebsarten 344
9.2.3.6 Überwachung von Befehlshandlungen 346
9.2.3.7 Befehlseinrichtungen mit selbsttätiger Rückstellung. 346
9.2.3.8 Zweihandschaltung 347
9.2.3.9 Zustimmungsfunktion 348
9.2.3.10 Kombinierte Start-Stopp-Steuerung. 349
9.2.4 Kabellose Steuerungen (CCS) 349
9.2.4.1 Allgemeine Anforderungen 349
9.2.4.2 Überwachung der Wirksamkeit eines kabellosen Steuerungssystems zur Steuerung einer Maschine 351
9.2.4.3 Grenzen der Steuerung. 352
9.2.4.4 Verwendung von mehreren kabellosen Steuerstellen. 352
9.2.4.5 Tragbare kabellose Steuerstellen 353
9.2.4.6 Absichtliche Deaktivierung kabelloser Steuerstellen 353
9.2.4.7 Not-Halt-Geräte an tragbaren kabellosen Steuerstellen. 354
9.2.4.8 Not-Halt: Rücksetzung. 355
9.3 Schutzverriegelungen. 356
9.3.1 Schließen oder Zurücksetzen einer verriegelten Schutzeinrichtung . . 356
9.3.2 Überschreiten von Betriebsgrenzen 358
9.3.3 Betrieb von Hilfsfunktionen. 360
9.3.4 Verriegelung zwischen verschiedenen Funktionen und für gegenläufige Bewegungen 361
9.3.5 Gegenstrombremsung 362
9.3.6 Aufhebung von Sicherheitsfunktionen und/oder Schutzmaßnahmen . 362
9.4 Steuerfunktionen im Fehlerfall 363
9.4.1 Allgemeine Anforderungen 363
9.4.2 Maßnahmen zur Risikoverminderung im Fehlerfall 366
9.4.2.1 Allgemeines 366
9.4.2.2 Verwendung von erprobten Techniken und Bauteilen 367
9.4.2.3 Teilweise oder vollständige Ausführung 367
9.4.2.4 Diversitäre Ausführung 369
9.4.2.5 Vorkehrungen für Funktionsprüfungen 370
9.4.3 Schutz gegen Fehlfunktionen von Steuerstromkreisen 371
9.4.3.1 Isolationsfehler. 371
9.4.3.1.1 Allgemeines 371
9.4.3.2 Spannungsunterbrechungen 383
9.4.3.3 Verlust der Durchgängigkeit eines Stromkreises 383

10 Bedienerschnittstellen und an der Maschine befestigte Steuergeräte 385
10.1 Allgemeines 385
10.1.1 Allgemeine Anforderungen 385
10.1.2 Anordnung und Montage 386
10.1.3 Schutzart 388
10.1.4 Positionssensoren 388
10.1.5 Tragbare und herabhängende Bedienstationen 390
10.2 Bedienteile 390
10.2.1 Farben 391
10.2.2 Kennzeichnung 392
10.3 Anzeigeleuchten und Anzeigen 394
10.3.1 Allgemeines 394
10.3.2 Farben 396
10.3.3 Blinkende Leuchten und Anzeigen 397
10.4 Leuchtdrucktaster 398
10.5 Drehbare Bedienelemente 399
10.6 Starteinrichtungen 399
10.7 Geräte für Not-Halt 400
10.7.1 Anordnung der Geräte für Not-Halt 400
10.7.2 Arten von Not-Halt-Geräten 401
10.7.3 Betätigung der Netztrenneinrichtung, um Not-Halt zu bewirken 403
10.8 Geräte für Not-Aus 404
10.8.1 Anordnung der Geräte für Not-Aus 404
10.8.2 Arten von Not-Aus-Befehlsgeräten 406
10.8.3 Betätigung der Netztrenneinrichtung vor Ort, um Not-Aus zu bewirken 406
10.9 Zustimmeinrichtungen 407

11 Schaltgeräte: Anordnung, Befestigung und Gehäuse 409
11.1 Allgemeine Anforderungen 410
11.2 Anordnung und Befestigung 412
11.2.1 Zugänglichkeit und Instandhaltung 412
11.2.2 Räumliche Trennung oder Gruppierung 417
11.2.3 Wärmeentwicklung 421
11.3 Schutzart 423
11.4 Gehäuse, Türen und Öffnungen 427
11.5 Zugang zur elektrischen Ausrüstung 429

12	**Leiter, Kabel und Leitungen**	441
12.1	Allgemeine Anforderungen	442
12.2	Leiter	444
12.3	Isolierung	446
12.4	Strombelastbarkeit im Normalbetrieb	447
12.5	Spannungsfall bei Leitern und Leitungen	449
12.6	Flexible Leitungen	452
12.6.1	Allgemeines	452
12.6.2	Mechanische Bemessung	454
12.6.3	Strombelastbarkeit von aufgetrommelten Leitungen	454
12.7	Schleifleitungen, Stromschienen und Schleifringkörper	457
12.7.1	Basisschutz	459
12.7.2	Schutzleiter	460
12.7.3	Schutzleiterstromabnehmer	461
12.7.4	Abklappbare Stromabnehmer mit Trennfunktion	461
12.7.5	Luftstrecken	462
12.7.6	Kriechstrecken	462
12.7.7	Schleifleitungsabschnitte	463
12.7.8	Konstruktion und Errichtung von Schleifleitungen, Stromschienensystemen und Schleifringanlagen	465
13	**Verdrahtungstechnik**	467
13.1	Anschlüsse und Verlauf	467
13.1.1	Allgemeine Anforderungen	467
13.1.2	Trassen für Leiter und Leitungen	471
13.1.3	Leiter von verschiedenen Stromkreisen	472
13.1.4	Wechselstromkreise – elektromagnetischer Effekt (Vermeidung von Wirbelströmen)	473
13.1.5	Verbindungen zwischen dem Aufnehmer und dem Umrichter des Aufnehmers eines induktiven Energieübertragungssystems	473
13.2	Identifizierung von Leitern	475
13.2.1	Allgemeine Anforderungen	475
13.2.2	Identifizierung des Schutzleiters	477
13.2.3	Identifizierung des Neutralleiters	478
13.2.4	Identifizierung durch Farbe	480
13.3	Verdrahtung innerhalb von Gehäusen	481
13.4	Verdrahtung außerhalb von Gehäusen	483
13.4.1	Allgemeine Anforderungen	483
13.4.2	Äußere Leitungskanäle	484
13.4.3	Verbindungen zu beweglichen Maschinenteilen	485

13.4.4 Verbindung zwischen Betriebsmitteln an der Maschine 489
13.4.5 Stecker-/Steckdosenkombinationen 489
13.4.6 Demontage für den Versand 492
13.4.7 Zusätzliche Leiter 492
13.5 Elektroinstallationskanäle, Klemmenkästen und andere Gehäuse 493
13.5.1 Allgemeine Anforderungen 493
13.5.2 Starre metallene Elektroinstallationsrohre und deren Befestigung . . . 495
13.5.3 Flexible metallene Elektroinstallationsrohre und deren Befestigungen 496
13.5.4 Zu öffnende Elektroinstallationskanäle 496
13.5.5 Einbauräume in Maschinen und zu öffnenden Elektroinstallationskanälen 498
13.5.6 Klemmenkästen und andere Gehäuse 498
13.5.7 Motoranschlusskästen 498

14 Elektromotoren und zugehörige Ausrüstung 501
14.1 Allgemeine Anforderungen 501
14.2 Motorgehäuse 502
14.3 Motorabmessungen 503
14.4 Motorenanordnung und -einbauräume 503
14.5 Kriterien für die Motorauswahl 505
14.6 Schutzgeräte für mechanische Bremsen 506

15 Steckdosen und Beleuchtung 507
15.1 Steckdosen für Zubehör 507
15.2 Arbeitsplatzbeleuchtung an der Maschine und deren Ausrüstung 510
15.2.1 Allgemeines 510
15.2.2 Stromversorgung 511
15.2.3 Fehlerschutz 515
15.2.4 Befestigungen 515

16 Kennzeichnung, Warnschilder und Referenzkennzeichen 517
16.1 Allgemeines 517
16.2 Warnschilder 518
16.2.1 Gefährdung durch elektrischen Schlag 518
16.2.2 Gefährdung durch heiße Oberflächen 520
16.3 Funktionskennzeichen 522
16.4 Kennzeichnung von Gehäusen der elektrischen Ausrüstung 523
16.5 Referenzkennzeichen 525

17 Technische Dokumentation 535

18 Prüfungen 541
18.1 Allgemeines 545
18.2 Überprüfung der Bedingungen zum Schutz durch automatische Abschaltung 546
18.2.1 Allgemeines 546
18.2.2 Prüfung 1 – Überprüfung der Durchgängigkeit der Schutzleiterstromkreise 547
18.2.3 Prüfung 2 – Überprüfung der Fehlerschleifenimpedanz und der Eignung der zugeordneten Überstromschutzeinrichtung 549
18.2.4 Anwendung der Prüfmethoden für TN-Systeme 554
18.3 Isolationswiderstandsprüfung 558
18.4 Spannungsprüfung 560
18.5 Schutz gegen Restspannung 562
18.6 Funktionsprüfung 562
18.7 Nachprüfungen 563

Anhang 565

Anhang A (normativ)
Fehlerschutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung 566
A.1.1 Allgemeines 567
A.1.2 Bedingungen für den Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung mit Überstromschutzeinrichtung 568
A.1.3 Bedingungen für den Schutz durch Reduzierung der Berührungsspannung unter AC 50 V 572
A.1.4 Überprüfung der Bedingungen zum Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung 573
A.1.4.1 Allgemeines 573
A.1.5 Messung der Fehlerschleifenimpedanz 576
A.2 Fehlerschutz in TT-Systemen 576
A.2.1 Verbindung mit Erde 577
A.2.2 Fehlerschutz für TT-Systeme 577
A.2.2.1 Allgemeines 577
A.2.2.2 Schutz durch Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) 579
A.2.2.3 Schutz durch Überstromschutzeinrichtungen 580
A.2.3 Überprüfung des Schutzes durch automatische Abschaltung der Stromversorgung mit einer Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) . . . 580
A.2.4 Messung der Fehlerschleifenimpedanz Z_S 580

Anhang B (informativ)
Fragebogen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen 581

Anhang C (informativ)
Beispiele von Maschinen, die durch diesen Teil der DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) abgedeckt sind 585

Anhang D (informativ)
Strombelastbarkeit und Überstromschutz für Leiter und Leitungen in der elektrischen Ausrüstung von Maschinen 586
D.1 Allgemeines 586
D.2 Allgemeine Betriebsbedingungen 586
D.2.1 Umgebungsbedingungen der Luft 586
D.2.2 Verlegearten 587
D.2.3 Häufung von Leitungen 588
D.2.4 Einstufung der Leiter 589
D.3 Koordinierung zwischen Leitern und Überstromschutzeinrichtungen 590
D.4 Überstromschutz für Leiter 591
D.5 Einfluss von Oberschwingungen in 3-Phasen-Systemen. 592

Anhang E (informativ)
Erläuterungen der Funktionen für Handlungen im Notfall 594

Anhang F (informativ)
Anleitung zur Anwendung dieses Teils der DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) 596

Anhang G (informativ)
Vergleich typischer Leiterquerschnitte 600

Anhang H (informativ)
Maßnahmen zur Reduzierung der elektromagnetischen Einflüsse. 601
H.3 Reduzierung elektromagnetischer Einflüsse (EMI). 603
H.3.1 Allgemeines 603
H.3.2 Maßnahmen zur Reduzierung elektromagnetischer Einflüsse (EMI) . 603
H.4 Trennung und Abschirmung von Leitungen 604

Anhang I (informativ)
Dokumentation/Informationen. 610

Anhang ZZA (informativ)
Zusammenhang mit den grundlegenden Anforderungen der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG 624

Anhang ZZB (informativ)
Zusammenhang mit den grundlegenden Anforderungen der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU 628

Literatur 633

Stichwortverzeichnis 645