

Inhalt

Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	21
2 Gesetze, Normen und Verträge	23
2.1 Gesetze für die elektrische Ausrüstung von Maschinen	23
2.1.1 Relevante EU-Richtlinien	23
2.1.2 Anhänge der relevanten EU-Richtlinien	26
2.1.2.1 Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG	27
2.1.2.2 Anhang I der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU	48
2.1.2.3 Anhang I der EMV-Richtlinie 2014/30/EU	62
2.1.2.4 Zusammenfassung Richtlinien und Normen	69
2.2 Vermutungswirkung	69
2.3 Vom Gesetz zur Norm	75
2.4 Risikobeurteilung	82
2.4.1 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf	85
2.4.2 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zu Start-Warkeinrichtungen. . .	88
2.4.3 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Auswahl der Stopp-Kategorie	89
2.4.4 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zum Stopp-Befehl bei mehreren Bedienstationen	91
2.4.5 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Stopp-Kategorie bei Not-Halt	92
2.4.6 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zu Zweihandschaltungen. . . .	92
2.4.7 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zu kabellose Steuerungssystemen (CCS)	93
2.4.8 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Überwachung der Wirksam- keit eines kabellosen Steuerungssystems zur Steuerung der Maschine	94
2.4.9 Erwägungen bei der Risikobeurteilung bei Verwendung von mehreren kabellosen Steuerstellen.	95
2.4.10 Erwägungen bei der Risikobeurteilung zur Not-Halt-Rücksetzung . .	96
2.4.11 Erwägungen bei der Risikobeurteilung für Steuerfunktionen im Fehlerfall.	97
2.4.12 Erwägungen bei der Risikobeurteilung bei einer Gefährdung durch heiße Oberflächen	99

2.4.13	Dokumentation des Ergebnisses der Risikobeurteilung	100
2.5	Konformitätserklärungen für die elektrische Ausrüstung	101
2.6	CE-Kennzeichnung	102
2.7	Verordnung für die umweltgerechte Gestaltung von Käfigläufer-Induktionsmotoren.	102
2.8	Verordnung für Kleinleistungs-, Mittelleistungs- und Großtransformatoren	104
2.9	Anerkannte Regeln der Technik.	106
2.10	Vertragliche Anforderungen.	108
3	Begriffe und Abkürzungen	113
4	Allgemeine Anforderungen	117
4.1	Allgemeines	117
4.2	Auswahl der elektrischen Ausrüstung	122
4.2.1	Allgemeines	122
4.2.2	Schaltschrankkombinationen	123
4.3	Stromversorgung	124
4.3.1	Allgemeines	124
4.3.2	Wechselstromversorgung	126
4.3.3	Gleichstromversorgung	130
4.3.4	Besondere Stromversorgungssysteme	131
4.4	Physikalische Umgebungs- und Betriebsbedingungen	132
4.4.1	Allgemeines	132
4.4.2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).	132
4.4.3	Umgebungstemperatur der Luft.	135
4.4.4	Luftfeuchte	138
4.4.5	Höhenlage	140
4.4.6	Verschmutzung.	142
4.4.7	Ionisierende und nicht ionisierende Strahlung.	142
4.4.8	Vibration, Schock und Stoß	143
4.5	Transport und Lagerung.	144
4.6	Handhabungsvorrichtungen	144
5	Netzanschlussklemmen und Einrichtungen zum Trennen und Ausschalten	145
5.1	Netzanschlussklemmen	145
5.2	Klemmen für den externen Schutzleiter.	159
5.3	Netztrenneinrichtung	160
5.3.1	Arten von Schaltgeräten.	162

5.3.2	Zusätzliche Anforderungen an die Netztrenneinrichtung	163
5.3.3	Bedienungsvorrichtung der Netztrenneinrichtung	165
5.3.4	Ausgenommene Stromkreise	169
5.4	Einrichtungen zur Unterbrechung der Energiezufuhr zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf	172
5.5	Einrichtungen zum Trennen der elektrischen Ausrüstung	174
5.6	Schutz vor unbefugten, unbeabsichtigten und/oder irrtümlichen Schließen	176
6	Schutz gegen elektrischen Schlag	183
6.1	Allgemeines	184
6.2	Basisschutz.	185
6.2.1	Schutz durch Gehäuse	187
6.2.2	Schutz durch Isolierung aktiver Teile	191
6.2.3	Schutz gegen Restspannung.	192
6.2.4	Schutz durch Abdeckungen	196
6.2.5	Schutz durch Abstand oder Hindernisse	196
6.3	Fehlerschutz	197
6.3.1	Allgemeines	197
6.3.2	Maßnahmen, die das Auftreten einer (gefährlichen) Berührungsspannung verhindern	200
6.3.2.1	Schutzklasse II	201
6.3.2.2	Schutztrennung.	201
6.3.3	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung.	206
6.4	Schutz durch PELV	213
6.4.1	Allgemeine Anforderungen	214
6.4.2	Stromquellen für PELV	216
7	Schutz der Ausrüstung.	219
7.1	Allgemeines	219
7.2	Überstromschutz	220
7.2.1	Allgemeines	220
7.2.2	Netzanschlussleitung	221
7.2.3	Hauptstromkreise	222
7.2.4	Steuerstromkreise.	224
7.2.5	Steckdosenstromkreise und ihre zugehörigen Leiter	227
7.2.6	Beleuchtungsstromkreise	227
7.2.7	Transformatoren.	228
7.2.8	Anordnung von Überstromschutzeinrichtungen	228
7.2.9	Überstromschutzeinrichtungen	233

7.2.10	Bemessungs- und Einstellwerte der Überstromschutzeinrichtungen.	235
7.3	Schutz von Motoren gegen Überhitzung	237
7.3.1	Allgemeines	239
7.3.2	Überlastschutz	241
7.3.3	Übertemperaturschutz	243
7.4	Schutz gegen anormale Temperaturen	244
7.5	Schutz gegen Folgen bei Unterbrechung der Stromversorgung oder Spannungseinbruch und Spannungswiederkehr.	245
7.6	Motorüberdrehzahlschutz.	247
7.7	Zusätzlicher Erdschluss-/Fehlerstromschutz	249
7.8	Drehfeldüberwachung	253
7.9	Schutz gegen Überspannung durch Blitzschlag und durch Schalthandlungen	253
7.10	Bemessungskurzschlussstrom	256
8	(Schutz-)Potentialausgleich	259
8.1	Allgemeines	259
8.2	Schutzleitersystem	265
8.2.1	Schutzleiter.	266
8.2.2	Durchgängigkeit des Schutzleitersystems	275
8.2.3	Schutzleiteranschlusspunkte	278
8.2.4	Fahrbare Maschinen.	279
8.2.5	Zusätzliche Anforderungen an die elektrische Ausrüstung mit Erdbleitströmen größer 10 mA.	279
8.3	Maßnahmen zur Reduzierung hoher Ableitströme	285
8.4	Funktionspotentialausgleich.	287
9	Steuerstromkreise und Steuerfunktionen	291
9.1	Steuerstromkreise.	291
9.1.1	Stromversorgungen von Steuerstromkreisen	291
9.1.2	Steuerspannung	293
9.1.3	Schutz.	300
9.2	Steuerfunktionen	303
9.2.1	Allgemeines	303
9.2.2	Kategorien der Stoppfunktionen	303
9.2.3	Betrieb	307
9.2.3.1	Allgemeines	307
9.2.3.2	Start	307
9.2.3.3	Stopp	308
9.2.3.4	Handlungen im Notfall (Not-Halt, Not-Aus).	311

9.2.3.4.1	Allgemeines	312
9.2.3.4.2	Not-Halt	314
9.2.3.4.3	Not-Aus	315
9.2.3.5	Betriebsarten	318
9.2.3.6	Überwachung von Befehlshandlungen	320
9.2.3.7	Befehlseinrichtungen mit selbsttätiger Rückstellung	320
9.2.3.8	Zweihandschaltung	321
9.2.3.9	Zustimmungsfunktion	322
9.2.3.10	Kombinierte Start-Stopp-Steuerung	323
9.2.4	Kabellose Steuerungen (CCS)	323
9.2.4.1	Allgemeine Anforderungen	323
9.2.4.2	Überwachung der Wirksamkeit eines kabellosen Steuerungssystems zur Steuerung einer Maschine	325
9.2.4.3	Grenzen der Steuerung	326
9.2.4.4	Verwendung von mehreren kabellosen Steuerstellen	326
9.2.4.5	Tragbare kabellose Steuerstellen	327
9.2.4.6	Absichtliche Deaktivierung kabelloser Steuerstellen	327
9.2.4.7	Not-Halt-Geräte an tragbaren kabellosen Steuerstellen	328
9.2.4.8	Not-Halt: Rücksetzung	329
9.3	Schutzverriegelungen	330
9.3.1	Schließen oder Zurücksetzen einer verriegelten Schutzeinrichtung ..	330
9.3.2	Überschreiten von Betriebsgrenzen	332
9.3.3	Betrieb von Hilfsfunktionen	334
9.3.4	Verriegelung zwischen verschiedenen Funktionen und für gegenläufige Bewegungen	335
9.3.5	Gegenstrombremsung	336
9.3.6	Aufhebung von Sicherheitsfunktionen und/oder Schutzmaßnahmen ..	336
9.4	Steuerfunktionen im Fehlerfall	337
9.4.1	Allgemeine Anforderungen	337
9.4.2	Maßnahmen zur Risikoverminderung im Fehlerfall	340
9.4.2.1	Allgemeines	340
9.4.2.2	Verwendung von erprobten Techniken und Bauteilen	341
9.4.2.3	Teilweise oder vollständige Ausführung	341
9.4.2.4	Diversitäre Ausführung	343
9.4.2.5	Vorkehrungen für Funktionsprüfungen	344
9.4.3	Schutz gegen Fehlfunktionen von Steuerstromkreisen	345
9.4.3.1	Isolationsfehler	345
9.4.3.1.1	Allgemeines	345
9.4.3.2	Spannungsunterbrechungen	357
9.4.3.3	Verlust der Durchgängigkeit eines Stromkreises	357

10	Bedienerschnittstellen und an der Maschine befestigte Steuergeräte	359
10.1	Allgemeines	359
10.1.1	Allgemeine Anforderungen	359
10.1.2	Anordnung und Montage	360
10.1.3	Schutzart	362
10.1.4	Positionssensoren	362
10.1.5	Tragbare und herabhängende Bedienstationen	364
10.2	Bedienteile	364
10.2.1	Farben	365
10.2.2	Kennzeichnung	366
10.3	Anzeigeleuchten und Anzeigen	368
10.3.1	Allgemeines	368
10.3.2	Farben	370
10.3.3	Blinkende Leuchten und Anzeigen	371
10.4	Leuchtdrucktaster	372
10.5	Drehbare Bedienelemente	373
10.6	Starteinrichtungen	373
10.7	Geräte für Not-Halt	374
10.7.1	Anordnung der Geräte für Not-Halt	374
10.7.2	Arten von Not-Halt-Geräten	375
10.7.3	Betätigung der Netztrenneinrichtung, um Not-Halt zu bewirken	377
10.8	Geräte für Not-Aus	378
10.8.1	Anordnung der Geräte für Not-Aus	378
10.8.2	Arten von Not-Aus-Befehlsgeräten	380
10.8.3	Betätigung der Netztrenneinrichtung vor Ort, um Not-Aus zu bewirken	380
10.9	Zustimmeinrichtungen	381
11	Schaltgeräte: Anordnung, Befestigung und Gehäuse	383
11.1	Allgemeine Anforderungen	384
11.2	Anordnung und Befestigung	386
11.2.1	Zugänglichkeit und Instandhaltung	386
11.2.2	Räumliche Trennung oder Gruppierung	391
11.2.3	Wärmeentwicklung	395
11.3	Schutzart	397
11.4	Gehäuse, Türen und Öffnungen	401
11.5	Zugang zur elektrischen Ausrüstung	403

12	Leiter, Kabel und Leitungen	415
12.1	Allgemeine Anforderungen	416
12.2	Leiter	418
12.3	Isolierung	420
12.4	Strombelastbarkeit im Normalbetrieb	421
12.5	Spannungsfall bei Leitern und Leitungen	423
12.6	Flexible Leitungen	426
12.6.1	Allgemeines	426
12.6.2	Mechanische Bemessung	428
12.6.3	Strombelastbarkeit von aufgetrommelten Leitungen	428
12.7	Schleifleitungen, Stromschienen und Schleifringkörper	431
12.7.1	Basisschutz	433
12.7.2	Schutzleiter	434
12.7.3	Schutzleiterstromabnehmer	435
12.7.4	Abklappbare Stromabnehmer mit Trennfunktion	435
12.7.5	Luftstrecken	436
12.7.6	Kriechstrecken	436
12.7.7	Schleifleitungsabschnitte	437
12.7.8	Konstruktion und Errichtung von Schleifleitungen, Stromschienensystemen und Schleifringanlagen	439
13	Verdrahtungstechnik	441
13.1	Anschlüsse und Verlauf	441
13.1.1	Allgemeine Anforderungen	441
13.1.2	Trassen für Leiter und Leitungen	445
13.1.3	Leiter von verschiedenen Stromkreisen	446
13.1.4	Wechselstromkreise – elektromagnetischer Effekt (Vermeidung von Wirbelströmen)	447
13.1.5	Verbindungen zwischen dem Aufnehmer und dem Umrichter des Aufnehmers eines induktiven Energieübertragungssystems	447
13.2	Identifizierung von Leitern	449
13.2.1	Allgemeine Anforderungen	449
13.2.2	Identifizierung des Schutzleiters	451
13.2.3	Identifizierung des Neutralleiters	452
13.2.4	Identifizierung durch Farbe	454
13.3	Verdrahtung innerhalb von Gehäusen	455
13.4	Verdrahtung außerhalb von Gehäusen	457
13.4.1	Allgemeine Anforderungen	457
13.4.2	Äußere Leitungskanäle	458
13.4.3	Verbindungen zu beweglichen Maschinenteilen	459

13.4.4	Verbindung zwischen Betriebsmitteln an der Maschine	463
13.4.5	Stecker-/Steckdosenkombinationen	463
13.4.6	Demontage für den Versand	466
13.4.7	Zusätzliche Leiter	466
13.5	Elektroinstallationskanäle, Klemmenkästen und andere Gehäuse . . .	467
13.5.1	Allgemeine Anforderungen	467
13.5.2	Starre metallene Elektroinstallationsrohre und deren Befestigung . .	469
13.5.3	Flexible metallene Elektroinstallationsrohre und deren Befestigungen	470
13.5.4	Zu öffnende Elektroinstallationskanäle	470
13.5.5	Einbauräume in Maschinen und zu öffnenden Elektroinstallationskanälen	472
13.5.6	Klemmenkästen und andere Gehäuse	472
13.5.7	Motoranschlusskästen	472
14	Elektromotoren und zugehörige Ausrüstung	475
14.1	Allgemeine Anforderungen	475
14.2	Motorgehäuse	476
14.3	Motorabmessungen	477
14.4	Motorenanordnung und -einbauräume	477
14.5	Kriterien für die Motorauswahl	479
14.6	Schutzgeräte für mechanische Bremsen	480
15	Steckdosen und Beleuchtung	481
15.1	Steckdosen für Zubehör	481
15.2	Arbeitsplatzbeleuchtung an der Maschine und deren Ausrüstung . .	484
15.2.1	Allgemeines	484
15.2.2	Stromversorgung	485
15.2.3	Fehlerschutz	489
15.2.4	Befestigungen	489
16	Kennzeichnung, Warnschilder und Referenzkennzeichen	491
16.1	Allgemeines	491
16.2	Warnschilder	492
16.2.1	Gefährdung durch elektrischen Schlag	492
16.2.2	Gefährdung durch heiße Oberflächen	494
16.3	Funktionskennzeichen	496
16.4	Kennzeichnung von Gehäusen der elektrischen Ausrüstung	497
16.5	Referenzkennzeichen	499

17	Technische Dokumentation	509
18	Prüfungen	515
18.1	Allgemeines	519
18.2	Überprüfung der Bedingungen zum Schutz durch automatische Abschaltung	520
18.2.1	Allgemeines	520
18.2.2	Prüfung 1 – Überprüfung der Durchgängigkeit der Schutzleiterstromkreise	521
18.2.3	Prüfung 2 – Überprüfung der Fehlerschleifenimpedanz und der Eignung der zugeordneten Überstromschutzeinrichtung	523
18.2.4	Anwendung der Prüfmethode für TN-Systeme	528
18.3	Isolationswiderstandsprüfung	532
18.4	Spannungsprüfung	533
18.5	Schutz gegen Restspannung	535
18.6	Funktionsprüfung	536
18.7	Nachprüfungen	537
	Anhänge	539
	Anhang A (normativ)	
	Fehlerschutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	540
A.1.1	Allgemeines	541
A.1.2	Bedingungen für den Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung mit Überstromschutzeinrichtung	542
A.1.3	Bedingungen für den Schutz durch Reduzierung der Berührungsspannung unter AC 50 V	545
A.1.4	Überprüfung der Bedingungen zum Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	546
A.1.4.1	Allgemeines	546
A.1.5	Messung der Fehlerschleifenimpedanz	549
A.2	Fehlerschutz in TT-Systemen	550
A.2.1	Verbindung mit Erde	550
A.2.2	Fehlerschutz für TT-Systeme	551
A.2.2.1	Allgemeines	551
A.2.2.2	Schutz durch Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD)	552
A.2.2.3	Schutz durch Überstromschutzeinrichtungen	554
A.2.3	Überprüfung des Schutzes durch automatische Abschaltung der Stromversorgung mit einer Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD)	554
A.2.4	Messung der Fehlerschleifenimpedanz Z_s	554

Anhang B (informativ)

Fragebogen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen	555
--	-----

Anhang C (informativ)

Beispiele von Maschinen, die durch diesen Teil der DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) abgedeckt sind	559
--	-----

Anhang D (informativ)

Strombelastbarkeit und Überstromschutz für Leiter und Leitungen in der elektrischen Ausrüstung von Maschinen	560
D.1 Allgemeines	560
D.2 Allgemeine Betriebsbedingungen	560
D.2.1 Umgebungsbedingungen der Luft	560
D.2.2 Verlegearten	561
D.2.3 Häufung von Leitungen	562
D.2.4 Einstufung der Leiter	563
D.3 Koordinierung zwischen Leitern und Überstromschutzeinrichtungen	564
D.4 Überstromschutz für Leiter	565
D.5 Einfluss von Oberschwingungen in 3-Phasen-Systemen	566

Anhang E (informativ)

Erläuterungen der Funktionen für Handlungen im Notfall	568
---	-----

Anhang F (informativ)

Anleitung zur Anwendung dieses Teils der DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1)	569
---	-----

Anhang G (informativ)

Vergleich typischer Leiterquerschnitte	573
---	-----

Anhang H (informativ)

Maßnahmen zur Reduzierung der elektromagnetischen Einflüsse	574
H.3 Reduzierung elektromagnetischer Einflüsse (EMI)	576
H.3.1 Allgemeines	576
H.3.2 Maßnahmen zur Reduzierung elektromagnetischer Einflüsse (EMI)	576
H.4 Trennung und Abschirmung von Leitungen	577

Anhang I (informativ)

Dokumentation/Informationen	582
--	-----

Anhang ZZA (informativ)	
Zusammenhang mit den grundlegenden Anforderungen	
der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG	596
 Anhang ZZB (informativ)	
Zusammenhang mit den grundlegenden Anforderungen	
der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU.....	600
 Literatur	605
 Stichwortverzeichnis	617