

**Sicherheit von Maschinen –
Elektrische Ausrüstung von Maschinen –
Teil 1: Allgemeine Anforderungen**

Inhalt

	Seite
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich	12
2 Normative Verweisungen	13
3 Begriffe und Bestimmungen	15
4 Allgemeine Anforderung	23
4.1 Allgemeines	23
4.2 Auswahl der Ausrüstung	24
4.2.1 Allgemeines	24
4.2.2 Schaltgerätekombination	24
4.3 Elektrische Versorgung	25
4.3.1 Allgemeines	25
4.3.2 Wechselstromversorgungen	25
4.3.3 Gleichstromversorgungen	26
4.3.4 Besondere Versorgungssysteme	26
4.4 Physikalische Umgebungs- und Betriebsbedingungen	26
4.4.1 Allgemeines	26
4.4.2 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	26
4.4.3 Umgebungstemperatur der Luft	27
4.4.4 Luftfeuchte	27
4.4.5 Höhenlage	27
4.4.6 Verschmutzungen	27
4.4.7 Ionisierende und nichtionisierende Strahlung	27
4.4.8 Vibration, Schock und Stoß	27
4.5 Transport und Lagerung	28
4.6 Handhabungsvorrichtungen	28
5 Netzanschlussklemmen und Einrichtungen zum Trennen und Ausschalten	28
5.1 Netzanschlussklemmen	28
5.2 Klemme für den Anschluss an das externe Schutzerdungs-System	28
5.3 Netz-Trenneinrichtung	29
5.3.1 Allgemeines	29
5.3.2 Arten	29
5.3.3 Anforderungen	30
5.3.4 Bedienungsvorrichtung der Netztrenneinrichtung	30
5.3.5 Ausgenommene Stromkreise	31
5.4 Einrichtungen zur Unterbrechung der Energiezufuhr zur Verhinderung von unerwartetem	

	Seite
Anlauf.....	32
5.5 Einrichtungen zum Trennen der elektrischen Ausrüstung	32
5.6 Schutz vor unbefugtem, unbeabsichtigtem und/oder irrtümlichem Schließen	33
6 Schutz gegen elektrischen Schlag	33
6.1 Allgemeines	33
6.2 Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)	33
6.2.1 Allgemeines	33
6.2.2 Schutz durch Gehäuse (Umhüllungen)	34
6.2.3 Schutz durch Isolierung aktiver Teile	35
6.2.4 Schutz gegen Restspannungen	35
6.2.5 Schutz durch Abdeckungen	35
6.2.6 Schutz durch Abstand oder durch Hindernisse	35
6.3 Fehlerschutz	36
6.3.1 Allgemeines	36
6.3.2 Maßnahmen, die das Auftreten einer Berührungsspannung verhindern	36
6.3.3 Schutz durch automatische Abschaltung der Einspeisung	36
6.4 Schutz durch PELV oder SELV	38
7 Schutz der Ausrüstung	38
7.1 Allgemeines	38
7.2 Überstromschutz	38
7.2.1 Allgemeines	38
7.2.2 Netzanschlussleitung	38
7.2.3 Hauptstromkreise	38
7.2.4 Steuerstromkreise	39
7.2.5 Steckdosenstromkreise und ihre zugehörigen Leiter	39
7.2.6 Beleuchtungsstromkreise	39
7.2.7 Transformatoren	39
7.2.8 Anordnung von Überstromschutzeinrichtungen	39
7.2.9 Überstromschutzeinrichtungen	40
7.2.10 Bemessungs- und Einstellwerte der Überstromschutzeinrichtungen	40
7.3 Schutz von Motoren gegen Überhitzung	40
7.3.1 Allgemeines	40
7.3.2 Überlastungsschutz	41
7.3.3 Übertemperaturschutz	41
7.4 Schutz gegen anomale Temperaturen	41
7.5 Schutz gegen Folgen bei Unterbrechung der Versorgung oder Spannungseinbruch und Spannungswiederkehr	41
7.6 Motor-Überdrehzahlschutz	42
7.7 Zusätzlicher Erdschluss-/Fehlerstrom-Schutz	42

	Seite
7.8 Drehfeldüberwachung	42
7.9 Schutz gegen Überspannungen durch Blitzschlag und durch Schalthandlungen	42
7.10 Bemessungskurzschlussstrom	43
8 Potentialausgleich	43
8.1 Allgemeines	43
8.2 Schutzleitersystem	45
8.2.1 Allgemeines	45
8.2.2 Schutzleiter	45
8.2.3 Durchgehende Verbindung des Schutzleitersystems	46
8.2.4 Schutzleiter-Anschlusspunkte	47
8.2.5 Fahrbare Maschinen	47
8.2.6 Zusätzliche Anforderungen an die elektrische Ausrüstung mit Erdableitströmen größer 10 mA	47
8.3 Maßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen hoher Ableitströme	48
8.4 Funktionspotentialausgleich	48
9 Steuerstromkreise und Steuerfunktionen	49
9.1 Steuerstromkreise	49
9.1.1 Versorgung von Steuerstromkreisen	49
9.1.2 Steuerspannungen	49
9.1.3 Schutz	49
9.2 Steuerfunktionen	49
9.2.1 Kategorien der Stopp-Funktionen	50
9.2.2 Betrieb	50
9.2.3 Kabellose Steuerung	53
9.3 Schutzeinrichtungen	55
9.3.1 Erneutes Schließen oder Zurücksetzen einer verriegelten trennenden Schutzeinrichtung	55
9.3.2 Überschreiten von Betriebsgrenzen	55
9.3.3 Betrieb von Hilfseinrichtungen	56
9.3.4 Verriegelung zwischen verschiedenen Betriebsfunktionen und Verriegelung gegenläufiger Bewegungen	56
9.3.5 Gegenstrombremsung	56
9.3.6 Aufhebung von Sicherheitsfunktionen und/oder Schutzmaßnahmen	56
9.4 Steuerfunktionen im Fehlerfall	57
9.4.1 Allgemeine Anforderungen	57
9.4.2 Maßnahmen zur Risikoverminderung im Fehlerfall	57
9.4.3 Schutz gegen fehlerhaften Betrieb durch Isolationsfehler, Spannungsunterbrechungen und Verlust der elektrischen Durchgängigkeit	58
10 Bedienerchnittstelle und an der Maschine montierte Steuergeräte	61
10.1 Allgemeines	61

	Seite
10.1.1	Allgemeine Anforderungen an Geräte..... 61
10.1.2	Anordnung und Montage..... 62
10.1.3	Schutz..... 62
10.1.4	Wegfühler 62
10.1.5	Tragbare und herabhängende Bedienstationen..... 62
10.2	Bedienteile 63
10.2.1	Farben 63
10.2.2	Kennzeichnung..... 63
10.3	Anzeigeleuchten und Anzeigen..... 64
10.3.1	Allgemeines 64
10.3.2	Farben 64
10.3.3	Blinkende Leuchten und Anzeigen..... 65
10.4	Leuchtdrucktaster 65
10.5	Drehbare Bedienelemente 65
10.6	Starteinrichtungen 66
10.7	Geräte für NOT-HALT 66
10.7.1	Anordnung der Geräte für NOT-HALT 66
10.7.2	Arten von NOT-HALT-Geräten..... 66
10.7.3	Betätigung der Netztrenneinrichtung um NOT-HALT zu bewirken 66
10.8	Geräte für NOT-AUS 66
10.8.1	Lage der Geräte für NOT-AUS..... 66
10.8.2	Arten von NOT-AUS-Geräten..... 66
10.8.3	Betätigung der Netz-Trenneinrichtung vor Ort um NOT-AUS zu bewirken..... 67
10.9	Zustimmeinrichtung 67
11	Schaltgeräte: Anordnung, Aufbau und Gehäuse 67
11.1	Allgemeine Anforderungen 67
11.2	Anordnung und Aufbau..... 67
11.2.1	Zugänglichkeit und Instandhaltung..... 67
11.2.2	Räumliche Trennung oder Gruppenbildung 68
11.2.3	Wärmewirkungen..... 68
11.3	Schutzgrad 69
11.4	Gehäuse, Türen und Öffnungen..... 69
11.5	Zugang zur elektrischen Ausrüstung 70
12	Leiter, Kabel und Leitungen 70
12.1	Allgemeine Anforderungen 70
12.2	Leiter..... 71
12.3	Isolierung 72
12.4	Strombelastbarkeit im Normalbetrieb 72

	Seite
12.5 Spannungsabfall in Leitern, Kabeln und Leitungen	73
12.6 Flexible Leitungen	74
12.6.1 Allgemeines.....	74
12.6.2 Mechanische Bemessung.....	74
12.6.3 Strombelastbarkeit von aufgetrommelten Leitungen	74
12.7 Schleifleitungen und Schleifringkörper.....	75
12.7.1 Basisschutz.....	75
12.7.2 Schutzleiterkreis.....	75
12.7.3 Schutzleiter-Stromabnehmer	76
12.7.4 Abklappbare Stromabnehmer mit Trennschalterfunktion	76
12.7.5 Luftstrecken.....	76
12.7.6 Kriechstrecken	76
12.7.7 Schleifleitungsabschnitte.....	76
12.7.8 Konstruktion und Errichtung der Schleifleitungen und Schleifringkörper.....	76
13 Verdrahtungstechnik	77
13.1 Anschlüsse und Leitungsverlauf	77
13.1.1 Allgemeine Anforderungen.....	77
13.1.2 Trassen für Leiter, Kabel und Leitungen.....	77
13.1.3 Leiter von verschiedenen Stromkreisen.....	78
13.1.4 Verbindung zwischen dem Aufnehmer und dem Umrichter des Aufnehmers eines induktiven Energieübertragungssystems.....	78
13.2 Identifizierung von Leitern	78
13.2.1 Allgemeine Anforderungen.....	78
13.2.2 Identifizierung des Schutzleiters/ Schutzpotentialausgleichsleiters.....	79
13.2.3 Identifizierung des Neutralleiters.....	79
13.2.4 Identifizierung durch Farbe	80
13.3 Verdrahtung innerhalb von Gehäusen	80
13.4 Verdrahtung außerhalb von Gehäusen.....	81
13.4.1 Allgemeine Anforderungen.....	81
13.4.2 Äußere Leitungskanäle	81
13.4.3 Verbindung zu sich bewegenden Maschinenteilen.....	81
13.4.4 Verbindung zwischen Geräten an der Maschine	83
13.4.5 Stecker/Steckdosen-Kombinationen.....	83
13.4.6 Demontage für den Versand	83
13.4.7 Zusätzliche Leiter	84
13.5 Leitungskanäle, Verbindungskästen und andere Kästen.....	84
13.5.1 Allgemeine Anforderungen.....	84
13.5.2 Prozentuale Füllung von Kanälen	84
13.5.3 Starre metallische Elektro-Installationsrohre und deren Verbindungen	84

	Seite
13.5.4 Flexible metallische Elektro-Installationsrohre und deren Verbindungen	85
13.5.5 Flexible nichtmetallische Elektro-Installationsrohre und deren Verbindungen	85
13.5.6 Zu öffnende Elektro-Installationskanäle	85
13.5.7 Einbauräume in Maschinen und zu öffnende Elektro-Installationskanäle.....	85
13.5.8 Anschluss- und sonstige Kästen	85
13.5.9 Motoranschlusskästen.....	86
14 Elektromotoren und zugehörige Ausrüstung	86
14.1 Allgemeine Anforderungen	86
14.2 Motorgehäuse.....	86
14.3 Motor-Abmessungen	86
14.4 Motoranordnung und -einbauräume	86
14.5 Kriterien für die Motorauswahl.....	87
14.6 Schutzgeräte für mechanische Bremsen	87
15 Steckdosen und Beleuchtung.....	87
15.1 Steckdosen für Zubehör	87
15.2 Arbeitsplatzbeleuchtung an Maschinen und Zubehör	88
15.2.1 Allgemeines	88
15.2.2 Versorgung	88
15.2.3 Schutz.....	88
15.2.4 Leuchten.....	88
16 Kennzeichnung, Warnschilder und Referenzkennzeichen (Betriebsmittelkennzeichen).....	89
16.1 Allgemeines	89
16.2 Warnschilder.....	89
16.2.1 Gefährdung durch elektrischen Schlag	89
16.2.2 Gefährdung durch heiße Oberflächen.....	89
16.3 Funktionskennzeichnung.....	90
16.4 Kennzeichnung der Gehäuse der elektrischen Ausrüstung.....	90
16.5 Referenzkennzeichen (Betriebsmittelkennzeichen)	90
17 Technische Dokumentation	90
17.1 Technische Dokumentation/ zu liefernde Unterlagen	90
17.2 Informationen in Bezug zur elektrischen Ausrüstung.....	90
18 Überprüfungen.....	92
18.1 Allgemeines	92
18.2 Überprüfung der Bedingungen zum Schutz durch automatische Abschaltung der Versorgung	92
18.2.1 Allgemeines	92
18.2.2 Prüfung 1 – Überprüfung der Durchgängigkeit des Schutzleitersystems	93
18.2.3 Prüfung 2 – Überprüfung der Impedanz der Fehlerschleife und der Eignung der zugeordneten Überstrom-Schutzeinrichtung.....	93

	Seite
18.2.4 Anwendung der Prüfmethode in TN-Systemen	93
18.3 Isolationswiderstandsprüfungen.....	96
18.4 Spannungsprüfungen.....	96
18.5 Schutz gegen Restspannungen.....	96
18.6 Funktionsprüfungen	96
18.7 Nachprüfungen.....	96
Anhang A (normativ) Fehlerschutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	97
A.1 Fehlerschutz in TN-Systemen.....	97
A.1.1 Allgemeines.....	97
A.1.2 Voraussetzungen für den Schutz durch automatische Abschaltung der Energieversorgung mit Überstrom-Schutzeinrichtungen.....	97
A.1.3 Voraussetzung für den Schutz durch Reduzierung der Berührungsspannung unter 50V.....	98
A.1.4 Überprüfung der Voraussetzungen für den Schutz durch automatische Abschaltung der Versorgung.....	99
A.1.4.1 Allgemeines.....	99
A.1.4.2 Messung der Fehlerschleifenimpedanz	99
A.2 Fehlerschutz in TT-Systemen	101
A.2.1 Verbindung mit Erde	101
A.2.2 Fehlerschutz für TT-Systeme.....	101
A.2.2.1 Allgemeines.....	101
A.2.2.2 Schutz durch Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD)	101
A.2.2.3 Schutz durch Überstromschutzeinrichtungen	102
A.2.3 Überprüfung des Schutzes durch automatische Abschaltung der Stromversorgung mit einer Fehlerstromschutzeinrichtung.....	103
A.2.4 Messung der Fehlerschleifenimpedanz (Z_S)	103
Anhang B (informativ) Fragebogen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen	105
Anhang C (informativ) Beispiele von Maschinen, die durch diesen Teil der IEC 60204 abgedeckt sind.....	109
Anhang D (informativ) Strombelastbarkeit und Überstromschutz für Leiter, Kabel und Leitungen in der elektrischen Ausrüstung von Maschinen	111
D.1 Allgemeine Betriebsbedingungen	111
D.1.1 Umgebungstemperatur der Luft	111
D.1.2 Verlegearten.....	111
D.1.3 Gruppierung von Kabeln und Leitungen	112
D.1.4 Einteilung der Leiter	114
D.2 Koordination zwischen Leitern und Schutzgeräten für den Überstromschutz	114
D.3 Überstromschutz für Leiter.....	115
D.4 Effekt von harmonischen Strömen bei ausgeglichenen Drei-Phasen-Systemen	116
Anhang E (informativ) Erläuterung der Funktionen für Handlungen im Notfall.....	117
Anhang F (informativ) Anleitung für die Benutzung dieses Teils der IEC 60204.....	118

	Seite
F.1 Allgemeines	118
Anhang G (informativ) Vergleich typischer Leiterquerschnitte	120
Anhang H (formativ) Maßnahmen gegen elektromagnetische Einflüsse	122
H.1 Begriffe	122
H.3 Reduzierung elektromagnetischer Einflüsse (EMI)	122
Anhang I (informativ) Dokumentation/Information	128
Literaturhinweise	130
Index	133
Bild 1 – Blockdiagramm einer typischen Maschine	11
Bild 2 – Trenner	31
Bild 3 – Leistungsschalter	31
Bild 4 – Beispiel des Potentialausgleichs für die elektrische Ausrüstung einer Maschine	45
Bild 5 – Symbol IEC 60417-5019	47
Bild 6 – Symbol IEC 60417-5020	48
Bild 7 – Verfahren a)	59
Bild 8 – Methode b)	60
Bild 9 – Verfahren c) 1	60
Bild 10 – Verfahren c) 2a	61
Bild 11 – Verfahren c) 2b	61
Bild 12 – Symbol IEC 60417-5019	79
Bild 13 – Symbol IEC 60417-5021	79
Bild 14 – Symbol ISO 7010-W012	89
Bild 15 – Symbol ISO 7010-W017	89
Bild A.1 – Typische Anordnung für die Messung einer Fehlerschleifenimpedanz (Z_s) in TN-Systemen	100
Bild A.2 – Typische Anordnung für die Messung einer Fehlerschleifenimpedanz (Z_s) für Leistungsantriebssysteme in TN-Systemen	100
Bild A.3 – Typische Anordnung für die Messung einer Fehlerschleifenimpedanz Z_S in TT-Systemen	104
Bild A.4 – Typische Anordnung für die Messung einer Fehlerschleifenimpedanz Z_S Stromkreise mit einem Leistungsantriebssystem (PDS) in TT-Systemen	104
Bild D.1 – Methoden der Leiter-, Kabel- bzw. Leitungsverlegung unabhängig von der Anzahl der Leiter/Kabel bzw. Leitungen	112
Bild D.2 – Kennwerte der Leiter und Schutzgeräte	114
Bild H.1 – Paralleler Leiter zur Verstärkung des Schirms	123
Bild H.2 – Beispiele für Trennung und Abschottung	125
Bild H.3 – Beispiele für Trennung und Abschottung	125
Bild H.4 – Kabel- und Leitungsanordnung in metallenen Kabeltragesystemen	126
Bild H.5 – Verbindungen zwischen metallenen Kabeltragesystemen	126
Bild H.6 – Unterbrechung metallener Kabelmanagement-System in Brandschottungen	127

Tabelle 1 – Mindestquerschnitt des Schutzleiters aus Kupfer	29
Tabelle 2 – Symbole für Bedienteile.....	64
Tabelle 3 – Farben von Anzeigeleuchten und ihre Bedeutung in Bezug auf den Zustand der Maschine	65
Tabelle 5 – Mindestquerschnitte für Kupferleiter.....	71
Tabelle 6 – Beispiel für die Strombelastbarkeit (I_Z) von PVC-isolierten Kupferleitern oder -kabeln bzw. -leitungen im Beharrungszustand in einer Umgebungstemperatur der Luft von +40 °C für verschiedene Verlegarten	73
Tabelle 7 – Reduktionsfaktoren für Trommelleitungen	75
Tabelle 8 – Minimal zulässige Biegeradien für die Zwangsführung von flexiblen Leitungen.....	82
Tabelle 9 – Anwendung der Prüfungen in TN-Systemen.....	94
Tabelle 10 – Beispiele von maximalen Kabel-/Leitungslängen von jeder Schutzeinrichtung bis zu seiner Last in TN-Systemen.....	95
Tabelle A.1 – Maximale Abschaltzeiten in TN-Systemen	97
Tabelle A.2 – Maximale Abschaltzeiten	102
Tabelle D.1 – Korrekturfaktoren	111
Tabelle D.2 – Reduktionsfaktoren von I_Z bei Häufung von Kabeln und Leitungen	113
Tabelle D.3 – Reduktionsfaktoren von I_Z für Mehraderkabel(-leitungen) bis zu 10 mm ²	113
Tabelle D.4 – Einteilung der Leiter	114
Tabelle D.5 – Maximal zulässige Leitertemperaturen unter Normal- und Kurzschlussbedingungen	115
Tabelle F.1 – Möglichkeiten der Anwendung	119
Tabelle G.1 – Vergleich von Leitergrößen.....	120
Tabelle H.1 – Minimalster Trennungsabstand bei Verwendung von metallenen Umhüllungen, entsprechend Bild H.2.....	124
Tabelle I.1 – Dokumentation/ Information die anwendbar sein können	128