

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	11
1 Anwendungsbereich und Zweck	11
1.1 Anwendungsbereich	11
1.2 Zweck	12
1.3 Nachweis	13
1.4 Umgebungsbedingungen	13
2 Normative Verweisungen	13
3 Begriffe	15
3.1 Geräte und Gerätearten	15
3.2 Teile und Zubehör	16
3.3 Größen.....	17
3.4 Prüfungen	17
3.5 Sicherheitsbegriffe.....	17
3.6 Isolierung	19
4 Prüfungen	21
4.1 Allgemeines	21
4.2 Reihenfolge der Prüfungen	21
4.3 Bezugsprüfbedingungen.....	22
4.4 Prüfung unter den BEDINGUNGEN EINES EINZELFEHLERS	24
5 Aufschriften und Dokumentation	28
5.1 Aufschriften.....	28
5.2 Warnhinweise	32
5.3 Haltbarkeit von Aufschriften	33
5.4 Dokumentation	33
6 Schutz gegen elektrischen Schlag	36
6.1 Allgemeines	36
6.2 Ermittlung BERÜHRBARER Teile	36
6.3 Grenzwerte für BERÜHRBARE Teile.....	38
6.4 Grundsätzliche Schutzmaßnahmen	41
6.5 Zusätzliche Schutzmaßnahmen für den Fall DER BEDINGUNGEN EINES EINZELFEHLERS	41
6.6 Verbindungen zu äußeren Stromkreisen.....	46
6.7 Anforderungen an die Isolierung	48
6.8 Verfahren für Spannungsprüfungen	59
6.9 Anforderungen an die Konstruktion zum Schutz gegen elektrischen Schlag	62
6.10 Verbindung zum Stromversorgungsnetz und Verbindungen zwischen Geräteteilen.....	62
6.11 Trennung von der Stromversorgung	65
7 Schutz gegen mechanische GEFÄHRDUNGEN	67

	Seite
7.1	Allgemeines..... 67
7.2	Scharfe Kanten..... 67
7.3	Bewegliche Teile 68
7.4	Stabilität..... 72
7.5	Vorrichtungen zum Heben und Tragen 73
7.6	Wandmontage 73
7.7	Herausgeschleuderte Teile 74
8	Festigkeit gegen mechanische Beanspruchungen 74
8.1	Allgemeines 74
8.2	Festigkeitsprüfung der UMHÜLLUNG 75
8.3	Fallprüfung 77
9	Schutz gegen das Ausbreiten von Feuer 77
9.1	Allgemeines 77
9.2	Ausschließen oder Begrenzen von Entzündungsquellen im Gerät 79
9.3	Einschluss von Feuer im Gerät, falls es auftritt..... 79
9.4	Energiebegrenzte Stromkreise..... 82
9.5	Anforderungen an Geräte, die entflammbare Flüssigkeiten enthalten oder nutzen 83
9.6	Überstromschutz 84
10	Gerätetemperaturgrenzen und Wärmebeständigkeit..... 84
10.1	Oberflächentemperaturgrenzen zum Schutz vor Verbrennungen 84
10.2	Wicklungstemperaturen 85
10.3	Weitere Temperaturmessungen..... 86
10.4	Durchführung von Temperaturprüfungen..... 86
10.5	Wärmebeständigkeit 87
11	Schutz gegen GEFÄHRDUNGEN durch Fluide 89
11.1	Allgemeines 89
11.2	Reinigung 89
11.3	Verschütten 89
11.4	Überlaufen..... 89
11.5	Batterie-Elektrolyt..... 90
11.6	Besonders geschützte Geräte..... 90
11.7	Druck durch Fluide und Undichtheit..... 90
12	Schutz gegen Strahlung einschließlich Laserstrahlung und gegen Schall- und Ultraschalldruck..... 92
12.1	Allgemeines 92
12.2	Geräte, die ionisierende Strahlung erzeugen 92
12.3	Ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung)..... 93
12.4	Mikrowellenstrahlung 93
12.5	Schall- und Ultraschalldruck..... 94

	Seite
12.6	Laserstrahlung..... 95
13	Schutz gegen freigesetzte Gase und Stoffe, Explosion und Implosion 95
13.1	Giftige und gesundheitsschädigende Gase und Stoffe 95
13.2	Explosion und Implosion..... 95
14	Bauelemente und Baugruppen..... 96
14.1	Allgemeines 96
14.2	Motoren..... 98
14.3	Übertemperatur-Schutzeinrichtungen 98
14.4	Sicherungshalter..... 98
14.5	Einrichtungen zur Wahl der Netzspannung..... 99
14.6	Netztransformatorprüfung außerhalb des Geräts 99
14.7	Leiterplatten..... 99
14.8	Stromkreise oder Bauelemente zur Begrenzung von TRANSIENTEN ÜBERSPANNUNGEN 99
15	Schutz durch Verriegelungen 100
15.1	Allgemeines 100
15.2	Verhindern des erneuten Aktivierens 100
15.3	Zuverlässigkeit..... 100
16	Von der Anwendung herrührende GEFÄHRDUNGEN 101
16.1	VERNÜNFTIGERWEISE VORHERSEHBARE FEHLANWENDUNG 101
16.2	Ergonomische Aspekte..... 101
17	Risikobeurteilung 101
Anhang A (normativ)	Messanordnungen für Berührungsströme 103
A.1	Messanordnung für Wechselstrom mit Frequenzen bis 1 MHz und für Gleichstrom..... 103
A.2	Messanordnungen für sinusförmigen Wechselstrom bis zu 100 Hz und für Gleichstrom 104
A.3	Messanordnung für Verbrennungen verursachenden Strom mit hohen Frequenzen..... 104
A.4	Messanordnung für Berührungsstrom bei NASSER UMGEBUNG..... 105
Anhang B (normativ)	Genormte Prüffinger (siehe 6.2)..... 106
Anhang C (normativ)	Messung der LUFTSTRECKEN und der KRIECHSTRECKEN..... 108
Anhang D (normativ)	Teile, zwischen denen Isolierungsanforderungen bestehen..... 113
Anhang E (informativ)	Leitfaden für das Vermindern des VERSCHMUTZUNGSGRADS 116
Anhang F (normativ)	STÜCKPRÜFUNGEN 117
F.1	Allgemeines 117
F.2	Schutzerde 117
F.3	NETZSTROMKREISE..... 117
F.3.1	Allgemeines 117
F.3.2	NETZSTROMKREISE mit Überspannungsbegrenzungseinrichtungen 118
F.4	Potentialfreie Stromkreise 118
Anhang G (informativ)	Undichtheit und Bruch durch Fluide unter Druck 119
G.1	Allgemeines 119

	Seite
G.2 Druck über 2 MPa und Druckvolumen über 200 kPa · l.....	119
G.2.1 Allgemeines.....	119
G.2.2 Durchführung der hydrostatischen Prüfungen für G.2.1.....	121
G.2.3 Anfangsprüfungen.....	121
G.2.4 Modifikationen zur Minimierung von Undichtheiten.....	121
G.2.5 Zusätzliche Prüfungen nach erfolgreicher Modifikation zur Minimierung von Undichtheiten.....	121
G.2.6 Zusätzliche Prüfung, wenn Modifikationen Undichtheiten nicht vermindern.....	122
G.3 Druck zwischen 50 kPa und 2 MPa und Druckvolumen über 200 kPa · l.....	122
G.4 Druck kleiner als 50 kPa oder Druckvolumen kleiner als 200 kPa · l.....	123
G.5 Überdruckschutzeinrichtungen.....	123
Anhang H (normativ) Qualifizierung von Beschichtungen auf Leiterplatten zum Schutz vor VERSCHMUTZUNG.....	124
H.1 Allgemeines.....	124
H.2 Technische Eigenschaften.....	124
H.3 Qualifizierung von Beschichtungen.....	124
Anhang I (informativ) Außenleiter-Neutralleiter-Spannungen von üblichen Netzstromversorgungssystemen.....	127
Anhang J (informativ) Risikobeurteilung.....	128
J.1 Verfahren zur Risikobeurteilung.....	128
J.2 Erreichen eines VERTRETBAREN RISIKOS.....	129
J.3 Anwendung eines Verfahrens zur Risikobeurteilung.....	130
Anhang K (normativ) In 6.7 nicht behandelte Anforderungen an die Isolierung.....	132
K.1 Anforderungen an NETZSTROMKREISE.....	132
K.1.1 Allgemeines.....	132
K.1.2 LUFTSTRECKEN und KRIECHSTRECKEN in NETZSTROMKREISEN.....	133
K.1.3 Feste Isolierung in NETZSTROMKREISEN.....	135
K.2 Isolierung in Sekundärstromkreisen.....	140
K.2.1 Allgemeines.....	140
K.2.2 LUFTSTRECKEN.....	140
K.2.3 KRIECHSTRECKEN.....	143
K.2.4 Feste Isolierung.....	145
K.3 Isolierung für Stromkreise, die nicht in 6.7, K.1 oder K.2 behandelt werden.....	147
K.3.1 Allgemeines.....	147
K.3.2 Berechnung der LUFTSTRECKE.....	148
K.3.3 LUFTSTRECKEN für Stromkreise mit periodischen Spitzenspannungen oder mit ARBEITSSPANNUNGEN mit Frequenzen über 30 kHz.....	151
K.3.4 KRIECHSTRECKEN.....	153
K.3.5 Feste Isolierung.....	153
K.4 Reduzierung von TRANSIENTEN ÜBERSPANNUNGEN mit Überspannungsbegrenzungseinrichtungen.....	153

	Seite
Anhang L (informativ) Verzeichnis der definierten Begriffe	154
Literaturhinweise	156
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	159
Bild 1 – Messungen an Öffnungen von UMHÜLLUNGEN	37
Bild 2 – Höchste Dauer von kurzzeitigen BERÜHRBAREN Spannungen bei den BEDINGUNGEN EINES EINZELFEHLERS (siehe 6.3.2 a))	39
Bild 3 – Wert der Kapazität in Abhängigkeit von der Spannung bei NORMALEN BEDINGUNGEN und bei den BEDINGUNGEN EINES EINZELFEHLERS (siehe 6.3.1 c) und 6.3.2 c))	40
Bild 4 – Zulässige Anordnungen von Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag	42
Bild 5 – Beispiele für Schraubklemmverbindungen	44
Bild 6 – Abstand zwischen Leitern in einer Schnittstelle zweier Lagen	52
Bild 7 – Abstand zwischen benachbarten Leiterbahnen in einer Schnittstelle zweier innerer Lagen	52
Bild 8 – Abstand benachbarter Leiter zwischen denselben zwei Lagen	53
Bild 9 – Abnehmbare Netzanschlussleitungen und Steckverbindungen	63
Bild 10 – Schlagbeanspruchung mit einer Stahlkugel	76
Bild 11 – Ablaufdiagramm zur Erklärung der Anforderungen an den Schutz gegen das Ausbreiten von Feuer	78
Bild 12 – Tropfschutz	81
Bild 13 – Bereich des Gerätebodens einer UMHÜLLUNG, der gemäß 9.3.2 c) 1) zu konstruieren ist	81
Bild 14 – Kugeldruck-Prüfeinrichtung	88
Bild 15 – Ablaufdiagramm für die Vorgehensweisen gemäß 14.1 a), b), c) und d))	97
Bild A.1 – Messanordnung für Wechselstrom mit Frequenzen bis 1 MHz und für Gleichstrom	103
Bild A.2 – Messanordnungen für sinusförmigen Wechselstrom bis zu 100 Hz und für Gleichstrom	104
Bild A.3 – Messanordnung für Verbrennungen verursachenden Strom mit hohen Frequenzen	105
Bild A.4 – Messanordnung für Berührungsstrom bei NASSER UMGEBUNG	105
Bild B.1 – Starrer Prüffinger	106
Bild B.2 – Beweglicher Prüffinger	107
Bild C.1 – Beispiele für das Messen von LUFTSTRECKEN und KRIECHSTRECKEN	112
Bilder D.1 a) bis D.1 d) – Schutz zwischen GEFÄHRlich AKTIVEN Stromkreisen und BERÜHRBAREN Teilen	113
Bilder D.1 e) bis D.1 h) – Schutz zwischen GEFÄHRlich AKTIVEN Stromkreisen und Stromkreisen mit BERÜHRBAREN externen ANSCHLÜSSEN	114
Bilder D.2 a) und D.2 b) – Schutz zwischen einem GEFÄHRlich AKTIVEN inneren Stromkreis und einem BERÜHRBAREN Teil, das nicht mit anderen BERÜHRBAREN Teilen verbunden ist	114
Bilder D.2 c) und D.2 d) – Schutz zwischen einem GEFÄHRlich AKTIVEN Primärstromkreis und Stromkreisen, die BERÜHRBARE äußere ANSCHLÜSSE haben	114
Bild D.3 – Schutz von äußeren, BERÜHRBAREN ANSCHLÜSSEN zweier GEFÄHRlich AKTIVER Stromkreise	115
Bild G.1 – Ablaufdiagramm für Verfahren zur Bestätigung der Konformität (siehe G.2)	120
Bild H.1 – Reihenfolge der Prüfungen und Nachweis der Konformität	126

	Seite
Bild J.1 – Sich wiederholendes Verfahren zur Risikobeurteilung und zur Minderung des RISIKOS	128
Bild K.1 – Abstand zwischen Leitern in einer Schnittstelle zweier Lagen	137
Bild K.2 – Abstand zwischen benachbarten Leiterbahnen in einer Schnittstelle zweier innerer Lagen.....	138
Bild K.3 – Abstand benachbarter Leiter zwischen denselben zwei Lagen.....	139
Bild K.4 – Beispiel für eine periodische Spitzenspannung	151
Tabelle 1 – Symbole	30
Tabelle 2 – Anzugsdrehmoment für Schraubklemmverbindungen	44
Tabelle 3 – Höhenlagenabhängiger Multiplikationsfaktor für LUFTSTRECKEN.....	49
Tabelle 4 – LUFTSTRECKEN und KRIECHSTRECKEN für NETZSTROMKREISE der ÜBERSPANNUNGSKATEGORIE II bis 300 V Netzennspannung	51
Tabelle 5 – Prüfspannungen für feste Isolierung von NETZSTROMKREISEN der ÜBERSPANNUNGSKATEGORIE II bis 300 V Netzennspannung	51
Tabelle 6 – LUFTSTRECKEN und Prüfspannungen für Sekundärstromkreise, die von NETZSTROMKREISEN der ÜBERSPANNUNGSKATEGORIE II und Netzennspannung bis 300 V abgeleitet sind	55
Tabelle 7 – KRIECHSTRECKEN für Sekundärstromkreise	56
Tabelle 8 – Mindestwerte für Abstände oder Dicke (siehe 6.7.3.4.2 bis 6.7.3.4.4).....	58
Tabelle 9 – Abstände zwischen ANSCHLÜSSEN und Metallfolie	59
Tabelle 10 – Höhenlagenabhängige Korrekturfaktoren für Prüfspannungen für LUFTSTRECKEN.....	60
Tabelle 11 – Mechanische Prüfung von Zugentlastungen	64
Tabelle 12 – Schutzmaßnahmen gegen mechanische GEFÄHRDUNGEN von Körperteilen	69
Tabelle 13 – Kleinste beizubehaltende Lücken für Körperteile zur Vermeidung von Quetschungen	71
Tabelle 14 – Größte Lücken für Körperteile zur Verhinderung von Zugang	72
Tabelle 15 – Schlagenergiewerte, entsprechende IK-Codes und Fallhöhen X	77
Tabelle 16 – Zulässige Lochgrößen im Boden einer UMHÜLLUNG.....	80
Tabelle 17 – Grenzwerte für den höchsten erreichbaren Strom	82
Tabelle 18 – Werte für Überstromschutzeinrichtungen	83
Tabelle 19 – Oberflächentemperaturgrenzen bei NORMALEN BEDINGUNGEN	85
Tabelle 20 – Maximale Temperaturen für Isolierwerkstoffe von Wicklungen.....	86
Tabelle 21 – Stehstoßspannungen für ÜBERSPANNUNGSKATEGORIE II	99
Tabelle C.1 – Werte für das Maß X.....	108
Tabelle E.1 – Umweltsituationen	116
Tabelle E.2 – Verminderung des VERSCHMUTZUNGSGRADS.....	116
Tabelle F.1 – Prüfspannungen für STÜCKPRÜFUNGEN von NETZSTROMKREISEN	118
Tabelle G.1 – Prüfdruck für Geräte mit einem Druck von mehr als 14 MPa.....	122
Tabelle H.1 – Prüfparameter, Prüfbedingungen und Prüfverfahren.....	125
Tabelle I.1	127
Tabelle J.1 – Schwere des Schadens	130
Tabelle J.2 – Wahrscheinlichkeit des Schadens	130
Tabelle J.3 – Kategorie eines RISIKOS.....	131

	Seite
Tabelle K.1 – Multiplikationsfaktoren für LUFTSTRECKEN von Geräten, die für Betrieb in Höhenlagen bis zu 5 000 m BEMESSEN sind	133
Tabelle K.2 – LUFTSTRECKEN und KRIECHSTRECKEN für NETZSTROMKREISE der ÜBERSPANNUNGSKATEGORIE II über 300 V Netznennspannung.....	133
Tabelle K.3 – LUFTSTRECKEN und KRIECHSTRECKEN für NETZSTROMKREISE der ÜBERSPANNUNGSKATEGORIE III.....	134
Tabelle K.4 – LUFTSTRECKEN und KRIECHSTRECKEN für NETZSTROMKREISE der ÜBERSPANNUNGSKATEGORIE IV.....	134
Tabelle K.5 – Prüfspannungen für feste Isolierung in NETZSTROMKREISEN der ÜBERSPANNUNGSKATEGORIE II über 300 V Netznennspannung.....	135
Tabelle K.6 – Prüfspannungen für feste Isolierung in NETZSTROMKREISEN der ÜBERSPANNUNGSKATEGORIE III.....	136
Tabelle K.7 – Prüfspannungen für feste Isolierung in NETZSTROMKREISEN der ÜBERSPANNUNGSKATEGORIE IV.....	136
Tabelle K.8 – Prüfspannungen für die Prüfung der Langzeitbeanspruchung fester Isolierung in NETZSTROMKREISEN.....	137
Tabelle K.9 – Mindestwerte für Dicke und Abstand bei fester Isolierung	138
Tabelle K.10 – LUFTSTRECKEN und Prüfspannungen für Sekundärstromkreise, die von NETZSTROMKREISEN der ÜBERSPANNUNGSKATEGORIE II mit Nennspannungen über 300 V abgeleitet sind	141
Tabelle K.11 – LUFTSTRECKEN und Prüfspannungen für Sekundärstromkreise, die von NETZSTROMKREISEN der ÜBERSPANNUNGSKATEGORIE III abgeleitet sind	142
Tabelle K.12 – LUFTSTRECKEN und Prüfspannungen für Sekundärstromkreise, die von NETZSTROMKREISEN der ÜBERSPANNUNGSKATEGORIE IV abgeleitet sind.....	143
Tabelle K.13 – KRIECHSTRECKEN für Sekundärstromkreise	144
Tabelle K.14 – Mindestwerte für Abstände oder Dicke (siehe K.2.4.2 bis K.2.4.4).....	146
Tabelle K.15 – Werte für LUFTSTRECKEN zu der Berechnung gemäß K.3.2	149
Tabelle K.16 – Prüfspannungen, basierend auf der LUFTSTRECKE.....	150
Tabelle K.17 – LUFTSTRECKEN für BASISISOLIERUNG in Stromkreisen mit periodischen Spitzenspannungen oder mit ARBEITSSPANNUNGEN mit Frequenzen über 30 kHz.....	152