

## Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung .....	11
1 Anwendungsbereich.....	12
2 Normative Verweisungen .....	12
3 Begriffe .....	15
3.1 Allgemeine Begriffe .....	15
3.2 Baueinheiten von Schaltgerätekombinationen.....	16
3.3 Äußere Bauformen von Schaltgerätekombinationen .....	17
3.4 Konstruktionsteile von Schaltgerätekombinationen.....	19
3.5 Aufstellungsbedingungen von Schaltgerätekombinationen .....	21
3.6 Isolationseigenschaften .....	21
3.7 Schutz gegen elektrischen Schlag .....	24
3.8 Merkmale .....	27
3.9 Nachweise .....	30
3.10 Hersteller .....	31
4 Formelzeichen und Abkürzungen.....	31
5 Kennzeichnende Merkmale von Schnittstellen.....	32
5.1 Allgemeines .....	32
5.2 Bemessungswerte für Spannungen .....	32
5.2.1 Bemessungsspannung ( $U_n$ ) (einer Schaltgerätekombination).....	32
5.2.2 Bemessungsbetriebsspannung ( $U_e$ ) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination).....	32
5.2.3 Bemessungsisolationsspannung ( $U_i$ ) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination).....	32
5.2.4 Bemessungsstoßspannungsfestigkeit ( $U_{imp}$ ) (der Schaltgerätekombination).....	32
5.3 Bemessungswerte für Ströme .....	32
5.3.1 Bemessungsstrom der Schaltgerätekombination ( $I_{nA}$ ) .....	32
5.3.2 Bemessungsstrom eines Stromkreises ( $I_{nc}$ ).....	33
5.3.3 Bemessungsbelastungsfaktor (RDF) .....	33
5.3.4 Bemessungsstoßstromfestigkeit ( $I_{pk}$ ).....	33
5.3.5 Bemessungskurzzeitstromfestigkeit ( $I_{cw}$ ) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination).....	33
5.3.6 Bedingter Bemessungskurzschlussstrom einer Schaltgerätekombination ( $I_{cc}$ ) .....	34
5.4 Bemessungsfrequenz ( $f_n$ ) .....	34
5.5 Weitere kennzeichnende Merkmale .....	34
6 Angaben .....	34
6.1 Kennzeichnung der Schaltgerätekombination.....	34
6.2 Dokumentation .....	35
6.2.1 Angaben für die Schaltgerätekombination .....	35
6.2.2 Handhabungs-, Aufstellungs-, Betriebs- und Wartungsanweisungen.....	35
6.3 Identifizierung von Geräten und/oder Bauteilen.....	36

	Seite
7 Betriebsbedingungen .....	36
7.1 Übliche Betriebsbedingungen .....	36
7.1.1 Umgebungstemperatur .....	36
7.1.2 Atmosphärische Bedingungen .....	37
7.1.3 Verschmutzungsgrad .....	37
7.1.4 Höhenlage .....	37
7.2 Besondere Betriebsbedingungen .....	38
7.3 Bedingungen während des Transports, der Lagerung und der Aufstellung .....	38
8 Bauanforderungen .....	38
8.1 Festigkeit von Werkstoffen und Teilen .....	38
8.1.1 Allgemeines .....	38
8.1.2 Korrosionsschutz .....	38
8.1.3 Thermische Stabilität .....	39
8.1.4 UV-Beständigkeit .....	39
8.1.5 Beständigkeit von Isolierstoffen gegen Wärme und Feuer .....	39
8.1.6 Mechanische Festigkeit .....	39
8.1.7 Hebevorrichtung .....	40
8.2 Schutzart realisiert durch die Umhüllung einer Schaltgerätekombination .....	40
8.2.1 Schutz gegen mechanische Einwirkung .....	40
8.2.2 Schutz gegen Berührung aktiver Teile, gegen Eindringen fester Fremdkörper und Flüssigkeiten .....	40
8.2.3 Schutzart für herausnehmbare Teile .....	41
8.3 Luft- und Kriechstrecken .....	41
8.3.1 Allgemeines .....	41
8.3.2 Luftstrecken .....	41
8.3.3 Kriechstrecken .....	42
8.4 Schutz gegen elektrischen Schlag .....	42
8.4.1 Allgemeines .....	42
8.4.2 Basisschutz .....	42
8.4.3 Fehlerschutz .....	43
8.4.4 Begrenzung von Beharrungsberührungsstrom und Ladung .....	46
8.4.5 Bedienungs- und Instandhaltungsbedingungen .....	47
8.5 Einbau von Betriebsmitteln .....	48
8.5.1 Einsätze .....	48
8.5.2 Herausnehmbare Teile .....	49
8.5.3 Auswahl der Betriebsmittel .....	49
8.5.4 Einbau der Betriebsmittel .....	49
8.5.5 Zugängigkeit .....	49
8.5.6 Abdeckungen .....	50
8.5.7 Betätigungssinn und Anzeige von Schaltstellungen .....	50
8.5.8 Leuchtmelder und Drucktaster .....	50
8.6 Stromkreise und Verbindungen innerhalb von Schaltgerätekombinationen .....	50

	Seite
8.6.1	Hauptstromkreise ..... 50
8.6.2	Hilfsstromkreise ..... 51
8.6.3	Blanke und isolierte Leiter ..... 51
8.6.4	Auswahl und Verlegung von nicht geschützten aktiven Leitern, um die Möglichkeit von Kurzschlüssen zu reduzieren ..... 52
8.6.5	Kennzeichnung der Leiter in Haupt- und Hilfsstromkreisen ..... 52
8.6.6	Kennzeichnung des Schutzleiters (PE, PEN) und des Neutralleiters (N) in Hauptstromkreisen ..... 52
8.7	Wärmeabfuhr ..... 52
8.8	Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter ..... 52
9	Anforderungen an das Verhalten ..... 54
9.1	Isolationseigenschaften ..... 54
9.1.1	Allgemeines ..... 54
9.1.2	Betriebsfrequente Spannungsfestigkeit ..... 54
9.1.3	Stoßspannungsfestigkeit ..... 54
9.1.4	Schutz von Überspannungs-Schutzeinrichtungen ..... 54
9.2	Grenzwerte für die Erwärmung ..... 54
9.3	Kurzschlusschutz und Kurzschlussfestigkeit ..... 55
9.3.1	Allgemeines ..... 55
9.3.2	Angaben über die Kurzschlussfestigkeit ..... 55
9.3.3	Beziehung zwischen Stoßstrom und Kurzzeitstrom ..... 56
9.3.4	Koordination von Schutzeinrichtungen ..... 56
9.4	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ..... 56
10	Bauartnachweis ..... 56
10.1	Allgemeines ..... 56
10.2	Festigkeit von Werkstoffen und Teilen ..... 57
10.2.1	Allgemeines ..... 57
10.2.2	Korrosionsbeständigkeit ..... 58
10.2.3	Eigenschaften von Isolierwerkstoffen ..... 59
10.2.4	Beständigkeit gegen ultra-violette (UV) Strahlung ..... 60
10.2.5	Anheben ..... 61
10.2.6	Schlagprüfung ..... 61
10.2.7	Aufschriften ..... 61
10.3	Schutzart von Umhüllungen ..... 62
10.4	Luft- und Kriechstrecken ..... 62
10.5	Schutz gegen elektrischen Schlag und Durchgängigkeit von Schutzleiterkreisen ..... 62
10.5.1	Wirksamkeit des Schutzleiterkreises ..... 62
10.5.2	Durchgängigkeit der Verbindung zwischen Körpern der Schaltgerätekombination und Schutzleiterkreis ..... 62
10.5.3	Kurzschlussfestigkeit des Schutzleiterkreises ..... 63
10.6	Einbau von Betriebsmitteln ..... 63
10.6.1	Allgemeines ..... 63
10.6.2	Elektromagnetische Verträglichkeit ..... 63

	Seite
10.7 Innere elektrische Stromkreise und Verbindungen.....	63
10.8 Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter .....	63
10.9 Isolationseigenschaften .....	64
10.9.1 Allgemeines .....	64
10.9.2 Betriebsfrequente Spannungsfestigkeit.....	64
10.9.3 Stoßspannungsfestigkeit .....	65
10.9.4 Prüfung von Umhüllungen aus Isolierstoff.....	66
10.10 Nachweis der Erwärmung.....	66
10.10.1 Allgemeines .....	66
10.10.2 Nachweis durch Prüfung mit Strom .....	67
10.10.3 Ableitung von Bemessungswerten für ähnliche Varianten .....	73
10.10.4 Nachweis durch Berechnung.....	74
10.11 Kurzschlussfestigkeit .....	76
10.11.1 Allgemeines .....	76
10.11.2 Stromkreise von Schaltgerätekombinationen, für die der Nachweis der Kurzschlussfestigkeit entfällt .....	77
10.11.3 Nachweis durch Anwendung von Konstruktionsregeln .....	77
10.11.4 Nachweis durch Vergleich mit einer Referenzkonstruktion .....	77
10.11.5 Nachweis durch Prüfung.....	77
10.12 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) .....	82
10.13 Mechanische Funktion .....	83
11 Stücknachweis .....	83
11.1 Allgemeines .....	83
11.2 Schutzart von Umhüllungen.....	83
11.3 Luft- und Kriechstrecken.....	83
11.4 Schutz gegen elektrischen Schlag und Durchgängigkeit der Schutzleiterkreise .....	84
11.5 Einbau von Betriebsmitteln .....	84
11.6 Innere elektrische Stromkreise und Verbindungen.....	84
11.7 Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter .....	84
11.8 Mechanische Funktion .....	84
11.9 Isolationseigenschaften .....	84
11.10 Verdrahtung, Betriebsverhalten und Funktion .....	85
Anhang A (normativ) Größe und kleinste Anschlussquerschnitte für von außen eingeführte Kupferleiter.....	93
Anhang B (normativ) Verfahren für die Querschnittsberechnung von Schutzleitern im Hinblick auf thermische Beanspruchung durch Ströme von kurzer Dauer .....	94
Anhang C (informativ) Zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender zu vereinbarende Punkte.....	95
Anhang D (informativ) Bauartnachweis .....	98
Anhang E (informativ) Bemessungsbelastungsfaktor .....	99
Anhang F (normativ) Messung von Kriechstrecken und Luftstrecken .....	107
Anhang G (normativ) Zusammenhang zwischen der Nennspannung des Versorgungsnetzes und der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit von Betriebsmitteln .....	112

	Seite
Anhang H (informativ) Betriebsstrom und Verlustleistung von Kupferleitern .....	114
Anhang J (normativ) Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....	118
Anhang K (normativ) Schutz durch Schutztrennung .....	126
Anhang L (informativ) Luft- und Kriechstrecken in der Region Nordamerika .....	129
Anhang M (informativ) Erwärmungsgrenzen in Nordamerika.....	130
Literaturhinweise.....	131
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen .....	133
Anhang ZZ (informativ) Zusammenhang mit grundlegenden Anforderungen von EG-Richtlinien .....	136
Bild E.1 – Typische Schaltgerätekombination .....	100
Bild E.2 – Beispiel 1: Tabelle E.1 – Belastung der Funktionseinheiten für eine Schaltgeräte- kombination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8 .....	101
Bild E.3 – Beispiel 2: Tabelle E.1 – Belastung der Funktionseinheiten für eine Schaltgeräte- kombination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8 .....	102
Bild E.4 – Beispiel 3: Tabelle E.1 – Belastung der Funktionseinheiten für eine Schaltgeräte- kombination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8 .....	103
Bild E.5 – Beispiel 4: Tabelle E.1 – Belastung der Funktionseinheiten für eine Schaltgeräte- kombination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8 .....	104
Bild E.6 – Beispiel für die Berechnung des Mittelwerts der Erwärmung .....	105
Bild E.7 – Beispielkurven für die Beziehung zwischen dem äquivalenten Bemessungsbelastungs- faktor und den Parametern bei Aussetzbetrieb mit $t_1 = 0,5$ s, $I_1 = 7 \cdot I_2$ bei unterschiedlichen Zykluszeiten.....	106
Bild E.8 – Beispielkurven für die Beziehung zwischen dem äquivalenten Bemessungsbelastungs- faktor und den Parametern bei Aussetzbetrieb mit $I_1 = I_2$ (kein Überstrom beim Start).....	106
Bild F.1 – Messung von Rippen.....	107
Bild J.1 – Beispiele für Ports.....	118
Tabelle 1 – Mindestluftstrecken .....	86
Tabelle 2 – Mindestkriechstrecken .....	86
Tabelle 3 – Querschnitte für Schutzleiter aus Kupfer .....	87
Tabelle 4 – Leiterauswahl und Verlegebedingungen .....	87
Tabelle 5 – Mindest-Anschlussvermögen für Schutzleiter aus Kupfer (PE, PEN) .....	87
Tabelle 6 – Grenzübertemperaturen.....	88
Tabelle 7 – Werte des Faktors $n$ .....	89
Tabelle 8 – Betriebsfrequente Spannungsfestigkeit für Hauptstromkreise .....	89
Tabelle 9 – Betriebsfrequente Spannungsfestigkeit für Hilfs- und Steuerstromkreise .....	89
Tabelle 10 – Prüfstoßspannungen.....	90
Tabelle 11 – Kupfer-Prüfleiter für Bemessungsströme bis einschließlich 400 A.....	90
Tabelle 12 – Kupfer-Prüfleiter für Bemessungsströme von 400 A bis 4 000 A .....	91
Tabelle 13 – Kurzschluss-Nachweis durch Konstruktionsregeln: Checkliste .....	92
Tabelle 14 – Zusammenhang zwischen unbeeinflusstem Fehlerstrom und dem Durchmesser des Kupferdrahts .....	92
Tabelle A.1 – Anschlussquerschnitte für von außen eingeführte Kupferleiter.....	93

	Seite
Tabelle B.1 – Werte des Faktors $k$ für isolierte Schutzleiter, die nicht in Kabeln/Leitungen enthalten sind, oder für blanke Schutzleiter bei Berührung mit Kabelumhüllungen .....	94
Tabelle C.1 – Zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender zu vereinbarende Punkte.....	95
Tabelle D.1 – Liste der durchzuführenden Bauartnachweise .....	98
Tabelle E.1 – Beispiele für die Belastung einer Schaltgerätekombination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8.....	100
Tabelle E.2 – Beispiele für die Belastung einer Gruppe von Stromkreisen (Feld B – Bild E.1) bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,9.....	104
Tabelle E.3 – Beispiele für die Belastung einer Gruppe von Stromkreisen (Unterverteilung – Bild E.1) bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,9 .....	105
Tabelle F.1 – Kleinste Breite von Nuten .....	107
Tabelle G.1 – Zusammenhang zwischen Nennspannung der Stromversorgung und der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit des Betriebsmittels bei Schutz durch Überspannungsableiter nach IEC 60099-1 .....	113
Tabelle H.1 – Betriebsstrom und Verlustleistung einadriger Kupferleitungen mit einer zulässigen Leiter-temperatur von 70 °C (Umgebungstemperatur innerhalb der Schaltgerätekombination: 55 °C) .....	114
Tabelle H.2 – Reduktionsfaktor $k_1$ für Leitungen mit einer zulässigen Leitertemperatur von 70 °C (Auszug aus IEC 60364-5-52, Tabelle A.52-14).....	115
Tabelle H.3 – Betriebsstrom und Verlustleistung von blanken Kupferschienen mit rechteckigem Querschnitt, horizontal angeordnet, hochkant liegend, bei einer Frequenz von 50 Hz bis 60 Hz (Umgebungstemperatur innerhalb der Schaltgerätekombination: 55 °C, Leitertemperatur 70 °C) ...	116
Tabelle H.4 – Faktor $k_4$ für andere Temperaturen der Luft innerhalb der Umhüllung und/oder für die Leiter .....	117
Tabelle J.1 – Störaussendungsgrenzen für die Umgebung A .....	122
Tabelle J.2 – Störaussendungsgrenzen für die Umgebung B .....	122
Tabelle J.3 – Prüfungen der EMV-Störfestigkeit für Umgebung A .....	123
Tabelle J.4 – Prüfungen auf EMV-Störfestigkeit für Umgebung B.....	124
Tabelle J.5 – Anerkennungskriterien bei Vorliegen elektromagnetischer Störungen .....	125
Tabelle K.1 – Maximale Ausschaltzeit für TN-Systeme .....	128
Tabelle L.1 – Mindest-Luftstrecken .....	129
Tabelle L.2 – Mindest-Kriechstrecken.....	129
Tabelle M.1 – Erwärmungsgrenzen in Nordamerika .....	130