

Inhalt

| | Seite |
|---|-------|
| Europäisches Vorwort | 2 |
| Einleitung | 7 |
| 1 Anwendungsbereich | 9 |
| 2 Normative Verweisungen | 9 |
| 3 Begriffe | 10 |
| 4 Prüfplatz | 10 |
| 4.1 Umgebung des Prüfplatzes | 10 |
| 4.2 Prüftransformator | 10 |
| 4.3 Geerdeter Neutraleiter | 11 |
| 5 Messeinrichtung | 12 |
| 5.1 Wahl des Messstromkreises | 12 |
| 5.1.1 Allgemeines | 12 |
| 5.1.2 Spürbarkeit und Schreckreaktion | 13 |
| 5.1.3 Unfähigkeit loszulassen | 13 |
| 5.1.4 Elektrische Verbrennung (Wechselstrom) | 13 |
| 5.1.5 Wechselstromfreier Gleichstrom | 14 |
| 5.2 Prüfelektroden | 14 |
| 5.2.1 Ausführung | 14 |
| 5.2.2 Anschluss | 14 |
| 5.3 Konfiguration | 14 |
| 5.4 Anschlüsse an das Stromversorgungsnetz während der Prüfung | 14 |
| 5.4.1 Allgemeines | 14 |
| 5.4.2 Betriebsmittel zur Verwendung nur an TN- oder TT-Systemen in Sternanordnung | 18 |
| 5.4.3 Betriebsmittel zur Verwendung an IT-Systemen, einschließlich ungeerdeter Dreieckssysteme | 18 |
| 5.4.4 Betriebsmittel zur Verwendung an Einphasen-Stromversorgungssystemen mit geerdetem Mittelpunkt oder an Stromversorgungssystemen in Dreiecksanordnung mit geerdetem Mittelpunkt | 19 |
| 5.5 Versorgungsspannung und -frequenz | 19 |
| 5.5.1 Versorgungsspannung | 19 |
| 5.5.2 Versorgungsfrequenz | 19 |
| 6 Prüfverfahren | 19 |
| 6.1 Allgemeines | 19 |
| 6.1.1 Messungen des Berührungsstroms | 19 |
| 6.1.2 Einstellschalter, Betriebsmittel und Versorgungsbedingungen | 20 |
| 6.1.3 Anwendung von Messstromkreisen | 20 |
| 6.2 Bestimmungsgemäßer Betrieb und Fehlzustände eines Betriebsmittels | 20 |
| 6.2.1 Bestimmungsgemäßer Betrieb eines Betriebsmittels | 20 |

| | Seite |
|--|-------|
| 6.2.2 Betriebsmittel und Fehlzustände bei der Stromversorgung | 21 |
| 7 Auswertung der Ergebnisse | 22 |
| 7.1 Spürbarkeit, Schreckreaktion und Unfähigkeit loszulassen | 22 |
| 7.2 Elektrische Verbrennung | 22 |
| 8 Messung des Schutzleiterstroms | 23 |
| 8.1 Allgemeines | 23 |
| 8.2 Mehrere Betriebsmittel | 23 |
| 8.3 Messverfahren | 23 |
| Anhang A (normativ) Betriebsmittel | 24 |
| Anhang B (normativ) Anwendung einer leitfähigen Platte | 25 |
| Anhang C (normativ) Zufällig verbundene Teile | 26 |
| Anhang D (informativ) Wahl der Stromgrenzwerte | 27 |
| D.1 Allgemeines | 27 |
| D.2 Beispiele von Grenzwerten | 27 |
| D.2.1 Herzkammerflimmern | 27 |
| D.2.2 Unfähigkeit loszulassen | 27 |
| D.2.3 Schreckreaktion | 27 |
| D.2.4 Spürbarkeit | 27 |
| D.2.5 Besondere Anwendungen | 27 |
| D.3 Wahl der Grenzwerte | 28 |
| D.4 Auswirkungen elektrischer Verbrennung durch Berührungsstrom | 29 |
| Anhang E (informativ) Messstromkreise zur Anwendung bei der Messung des Berührungsstroms | 30 |
| E.1 Allgemeines | 30 |
| E.2 Messstromkreis für Körperimpedanz – Bild 3 | 30 |
| E.3 Messstromkreis für Schreckreaktion (und Körperimpedanz) – Bild 4 | 30 |
| E.4 Messstromkreis für Unfähigkeit loszulassen (und Körperimpedanz) – Bild 5 | 31 |
| Anhang F (informativ) Grenzbereiche und Aufbau des Messstromkreises | 32 |
| Anhang G (informativ) Aufbau und Anwendung von Berührungsstrom-Messgeräten | 34 |
| G.1 Überlegungen bei der Auswahl von Bauelementen | 34 |
| G.1.1 Allgemeines | 34 |
| G.1.2 Leistungsbemessung und Induktivität von R_S und R_B | 34 |
| G.1.3 Kondensator C_S | 35 |
| G.1.4 Widerstände R_1 , R_2 und R_3 | 35 |
| G.1.5 Kondensatoren C_1 , C_2 und C_3 | 35 |
| G.2 Spannungsmessgerät | 35 |
| G.3 Genauigkeit | 35 |
| G.4 Kalibrierung und Anwendung von Messgeräten | 36 |
| G.5 Messprotokolle | 37 |

| | Seite |
|--|-------|
| G.6 Bestätigungssystem | 37 |
| Anhang H (informativ) Analyse von frequenzgefilterten Messungen des Berührungsstromkreises | 38 |
| Anhang I (informativ) Systeme der Wechselstromversorgung (siehe 5.4)..... | 46 |
| I.1 Allgemeines..... | 46 |
| I.2 TN-Systeme | 47 |
| I.3 TT-Systeme..... | 49 |
| I.4 IT-Systeme..... | 50 |
| Anhang J (informativ) Stückprüfungen und regelmäßige Prüfungen des Berührungsstroms sowie Prüfungen nach Instandsetzungen oder Änderungen von netzgespeisten Betriebsmitteln | 52 |
| Anhang K (normativ) Leistungsmerkmale und Kalibrierung..... | 53 |
| K.1 Leistungsvermögen der Messgeräte und Erstkalibrierung | 53 |
| K.2 Kalibrierung in einem Bestätigungssystem | 55 |
| K.2.1 Allgemeines..... | 55 |
| K.2.2 Messung des Eingangswiderstands..... | 55 |
| K.2.3 Messung des Leistungsvermögens des Messgeräts..... | 55 |
| Literaturhinweise | 58 |
| Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen | 60 |
| Bilder | |
| Bild 1 – Beispiel eines geerdeten Neutralleiters, direkte Stromversorgung | 11 |
| Bild 2 – Beispiel eines geerdeten Neutralleiters mit Transformator zum Trennen..... | 12 |
| Bild 3 – Messstromkreis, unbewerteter Berührungsstrom | 12 |
| Bild 4 – Messstromkreis, Berührungsstrom bewertet für Spürbarkeit oder Schreckreaktion..... | 13 |
| Bild 5 – Messstromkreis, Berührungsstrom bewertet für Loslassen | 13 |
| Bild 6 – Einphasen-Betriebsmittel an einem TN- oder TT-System in Sternanordnung..... | 15 |
| Bild 7 – Einphasen-Betriebsmittel an einem TN- oder TT-System mit geerdetem Mittelpunkt..... | 15 |
| Bild 8 – Einphasen-Betriebsmittel, angeschlossen an Außenleiter-zu-Außenleiter eines TN- oder TT-Systems in Sternanordnung | 15 |
| Bild 9 – Einphasen-Betriebsmittel, angeschlossen an Außenleiter-zu-Neutralleiter eines IT-Systems in Sternanordnung..... | 16 |
| Bild 10 – Einphasen-Betriebsmittel, angeschlossen an Außenleiter-zu-Außenleiter eines IT-Systems in Sternanordnung..... | 16 |
| Bild 11 – Drehstrom-Betriebsmittel an einem TN- oder TT-System in Sternanordnung..... | 17 |
| Bild 12 – Drehstrom-Betriebsmittel an einem IT-System in Sternanordnung | 17 |
| Bild 13 – Ungeerdetes Stromversorgungssystem in Dreiecksanordnung..... | 18 |
| Bild 14 – Ungeerdetes Drehstrom-Betriebsmittel an einem Stromversorgungssystem in Dreiecksanordnung mit geerdetem Mittelpunkt | 18 |
| Bild A.1 – Betriebsmittel | 24 |
| Bild B.1 – Stellfläche des Betriebsmittels | 25 |
| Bild F.1 – Frequenzfaktor für elektrische Verbrennung..... | 32 |
| Bild F.2 – Frequenzfaktor für Spürbarkeit oder Schreckreaktion | 32 |

| | Seite |
|---|-------|
| Bild F.3 – Frequenzfaktor für Unfähigkeit loszulassen | 33 |
| Bild H.1 – Sägezahn-Kurvenform-Berührungsstrom, Schreckreaktion | 39 |
| Bild H.2 – Sägezahn-Kurvenform-Berührungsstrom, Unfähigkeit loszulassen | 39 |
| Bild H.3 – 1-ms-Anstiegszeit der Impulsantwort, Schreckreaktion | 40 |
| Bild H.4 – 1 ms Anstiegszeit der Impulsantwort, Unfähigkeit loszulassen | 40 |
| Bild H.5 – Diagramm des Berührungsstroms über die Anstiegszeit, 20-ms-Rechteck-Kurvenform | 41 |
| Bild H.6 – PFC SMPS(Schaltnetzteil)-Kurvenform des Berührungsstroms..... | 41 |
| Bild H.7 – 50 Hz Rechteck-Kurvenform, 0,1 ms Anstiegszeit, Schreckreaktion | 42 |
| Bild H.8 – 50 Hz Rechteck-Kurvenform, 0,1 ms Anstiegszeit, Unfähigkeit loszulassen | 42 |
| Bild H.9 – IEC TS 60479-2-Loslass-Grenzwert für Wechsel- und Gleichstromkombinationen (+ zusätzlichen Daten), mA beide Achsen..... | 43 |
| Bild H.10 – Beispielfall 1: Zeigt das Fenster für den Effektivwert..... | 44 |
| Bild H.11 – Kurvenform für den ex2-Fall: Zeigt das Fenster für den Effektivwert | 44 |
| Bild I.1 – Beispiele eines TN-S-Systems | 47 |
| Bild I.2 – Beispiel eines TN-C-S-Systems | 48 |
| Bild I.3 – Beispiel eines TN-C-Systems | 48 |
| Bild I.4 – Beispiel eines TN-C-Systems mit Einphasen-Dreileiteranschluss | 49 |
| Bild I.5 – Beispiel eines TT-Systems mit drei Außenleitern und Neutraleiter | 49 |
| Bild I.6 – Beispiel eines TT-Systems mit drei Außenleitern..... | 50 |
| Bild I.7 – Beispiel eines Dreileiter-IT-Systems (mit Neutraleiter)..... | 50 |
| Bild I.8 – Beispiel eines Dreileiter-IT-Systems..... | 51 |
| Tabellen | |
| Tabelle H.1 – Sägezahn-Kurvenform, vergleichende Antwort | 39 |
| Tabelle H.2 – Rechteck-Kurvenform Berührungsstrom, Antwort | 40 |
| Tabelle H.3 – Einphasiger Berührungsstrom mit Rechteck-Kurvenform, Antwort | 42 |
| Tabelle H.4 – Auswertung der gemischten Wechsel-/Gleichstrom-Kurvenform, Beispiel 1..... | 44 |
| Tabelle H.5 – Auswertung der gemischten Wechsel-/Gleichstrom-Kurvenform, Beispiel 2..... | 45 |
| Tabelle K.1 – Berechnete Eingangsimpedanz und Übertragungsimpedanz für Messstromkreis für unbewerteten Berührungsstrom (Bild 3)..... | 53 |
| Tabelle K.2 – Berechnete Eingangsimpedanz und Übertragungsimpedanz für Messstromkreis für Berührungsstrom für Schreckreaktion (Bild 4) | 54 |
| Tabelle K.3 – Berechnete Eingangsimpedanz und Übertragungsimpedanz für Messstromkreis für Unfähigkeit loszulassen (Bild 5) | 54 |
| Tabelle K.4 – Verhältnisse Ausgangs- zu Eingangsspannung für Messstromkreis für unbewerteten Berührungsstrom (Bild 3)..... | 56 |
| Tabelle K.5 – Verhältnisse Ausgangs- zu Eingangsspannung für Messstromkreis für Schreckreaktion (Bild 4) | 56 |
| Tabelle K.6 – Verhältnisse Ausgangs- zu Eingangsspannung für Messstromkreis für Unfähigkeit loszulassen (Bild 5) | 57 |