

Verfahren zur Messung von Berührungstrom und Schutzleiterstrom

Inhalt

	Seite
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Prüfplatz	9
4.1 Umgebung des Prüfplatzes	9
4.2 Prüftransformator	9
4.3 Geerdeter Neutraleiter	9
5 Messeinrichtung	10
5.1 Wahl des Messstromkreises	10
5.1.1 Allgemeines	10
5.1.2 Spürbarkeit und Schreckreaktion (Wechselstrom)	11
5.1.3 Loslassen	11
5.1.4 Elektrische Verbrennungen (Wechselstrom)	11
5.1.5 Wechselstromfreier Gleichstrom	11
5.2 Prüfelektroden	12
5.2.1 Ausführung	12
5.2.2 Anschluss	12
5.3 Zusammensetzung	12
5.4 Anschluss an das Stromversorgungsnetz während der Prüfung	12
5.4.1 Allgemeines	12
5.4.2 Betriebsmittel zur Verwendung nur an TN- oder TT-Systemen in Sternanordnung	17
5.4.3 Betriebsmittel zur Verwendung an IT-Systemen, einschließlich ungeerdeter Dreieckssysteme	17
5.4.4 Betriebsmittel zur Verwendung an Einphasen-Stromversorgungssystemen mit geerdetem Mittelpunkt oder an Stromversorgungssystemen in Dreiecksanordnung mit geerdetem Mittelpunkt	17
5.5 Versorgungsspannung und -frequenz	17
5.5.1 Versorgungsspannung	17
5.5.2 Versorgungsfrequenz	18
6 Prüfverfahren	18
6.1 Allgemeines	18
6.1.1 Messungen des Berührungstroms	18
6.1.2 Einstellschalter, Betriebsmittel und Versorgungsbedingungen	18
6.1.3 Anwendung der Messstromkreise	19

	Seite
6.2	Bestimmungsgemäßer Betrieb und Fehlzustände des Betriebsmittels 19
6.2.1	Bestimmungsgemäßer Betrieb des Betriebsmittels 19
6.2.2	Betriebsmittel und Fehlzustände bei der Stromversorgung 19
7	Auswertung der Ergebnisse 21
7.1	Spürbarkeit, Schreckreaktion und Loslassen 21
7.2	Elektrische Verbrennungen 21
8	Messung des Schutzleiterstroms 21
8.1	Allgemeines 21
8.2	Mehrere Betriebsmittel 22
8.3	Messverfahren 22
Anhang A (normativ)	Betriebsmittel (Einrichtung) 23
Anhang B (normativ)	Anwendung einer leitfähigen Platte 24
Anhang C (normativ)	Zufällig verbundene Teile 25
Anhang D (informativ)	Wahl der Stromgrenzwerte 26
D.1	Beispiele von Grenzwerten 26
D.1.1	Herzkammerflimmern 26
D.1.2	Unfähigkeit, Loslassen 26
D.1.3	Schreckreaktion 26
D.1.4	Spürbarkeit 26
D.1.5	Besondere Anwendungen 26
D.2	Wahl der Grenzwerte 27
D.3	Erscheinungen elektrischer Verbrennungen durch den Berührungsstrom 28
Anhang E (informativ)	Messstromkreise zur Anwendung bei der Messung des Berührungsstroms 29
E.1	Messstromkreis für Körperimpedanz – Bild 3 29
E.2	Messstromkreis für Schreckreaktion (und Körperimpedanz) – Bild 4 29
E.3	Messstromkreis für Loslassen (und Körperimpedanz) – Bild 5 30
Anhang F (informativ)	Grenzbereiche und Ausführung des Messstromkreises 31
Anhang G (informativ)	Bau und Anwendung von Berührungsstrom-Messgeräten 33
G.1	Überlegungen bei der Auswahl von Bauelementen 33
G.1.1	Allgemeines 33
G.1.2	Leistung und Induktivität von R_S und R_B 33
G.1.3	Kondensator C_S 34
G.1.4	Widerstände R_1 , R_2 und R_3 34
G.1.5	Kondensatoren C_1 , C_2 und C_3 34
G.2	Spannungsmessgerät 34
G.3	Genauigkeit 34
G.4	Kalibrierung und Anwendung der Messgeräte 35
G.5	Messprotokolle 36

	Seite
G.6 Bestätigungssystem	36
Anhang H (informativ) Analyse von frequenzgefilterten Messungen des Berührungstromkreises	37
Anhang I (informativ) Systeme der Wechselstromversorgung (siehe 5.4).....	45
I.1 Einführung	45
I.2 TN-Systeme	46
I.3 TT-Systeme	48
I.4 IT-Systeme	49
Anhang J (informativ) Stückprüfungen und wiederkehrende Prüfungen des Berührungstroms sowie Prüfungen nach Instandsetzungen oder Änderungen von Betriebsmitteln, die von einem Stromversorgungsnetz gespeist werden	51
Anhang K (normativ) Leistungsmerkmale und Kalibrierung	52
K.1 Leistungsfähigkeit der Messgeräte und Erstkalibrierung	52
K.2 Kalibrierung in einem Bestätigungssystem	54
K.2.1 Messung des Eingangswiderstands.....	54
K.2.2 Messung der Leistungsmerkmale des Messgeräts.....	55
Literaturhinweise	57
 Bilder	
Bild 1 – Beispiel eines geerdeten Neutralleiters, direkte Stromversorgung	10
Bild 2 – Beispiel eines geerdeten Neutralleiters mit Transformator zum Trennen.....	10
Bild 3 – Messstromkreis für unbewerteten Berührungstrom	10
Bild 4 – Messstromkreis, Berührungstrom bewertet für Spürbarkeit oder Schreckreaktion.....	11
Bild 5 – Messstromkreis, Berührungstrom, bewertet für Loslassen	11
Bild 6 – Prüfanordnung für Einphasen-Betriebsmittel an einem TN- oder TT-System in Sternanordnung.....	13
Bild 7 – Prüfanordnung für Einphasen-Betriebsmittel an einem TN- oder TT-System mit geerdetem Mittelpunkt.....	13
Bild 8 – Prüfanordnung für Einphasen-Betriebsmittel, angeschlossen an zwei Außenleiter eines TN- oder TT-Systems in Sternanordnung.....	14
Bild 9 – Prüfanordnung für Einphasen-Betriebsmittel, angeschlossen an Außenleiter zu Neutralleiter eines IT-Systems in Sternanordnung.....	14
Bild 10 – Prüfanordnung für Einphasen-Betriebsmittel, angeschlossen an zwei Außenleiter eines IT-Systems in Sternanordnung.....	15
Bild 11 – Prüfanordnung für Drehstrom-Betriebsmittel an einem TN- oder TT-System in Sternanordnung.....	15
Bild 12 – Prüfanordnung für Drehstrom-Betriebsmittel an einem IT-System in Sternanordnung	16
Bild 13 – Prüfanordnung für ungeerdete Stromversorgungssysteme in Dreiecksanordnung.....	16
Bild 14 – Prüfanordnung für ungeerdete Stromversorgungssysteme an einem Stromversorgungssystem in Dreiecksanordnung mit geerdetem Mittelpunkt	17
Bild A.1 – Betriebsmittel	23
Bild B.1 – Stellfläche des Betriebsmittels	24
Bild F.1 – Frequenzfaktor für elektrische Verbrennungen.....	31

	Seite
Bild F.2 – Frequenzfaktor für Spürbarkeit oder Schreckreaktion	31
Bild F.3 – Frequenzfaktor für Loslassen	32
Bild H.1 – Dreieckige Kurvenform Berührungsstrom, Schreckreaktion	38
Bild H.2 – Dreieckige Kurvenform Berührungsstrom, Loslassen	38
Bild H.3 – 1 ms Anstiegszeit der Impulsantwort, Schreckreaktion	39
Bild H.4 – 1 ms Anstiegszeit der Impulsantwort, Loslassen	39
Bild H.5 – Diagramm des Berührungsstroms über die Anstiegszeit, 20 ms rechteckige Kurvenform	40
Bild H.6 – PFC SMPS (Schaltnetzteil) Kurvenform des Berührungsstroms	41
Bild H.7 – 50-Hz-Rechteckkurvenform, 0,1 ms Anstiegszeit, Schreckreaktion	41
Bild H.8 – 50-Hz-Rechteckkurvenform, 0,1 ms Anstiegszeit, Loslassen	42
Bild H.10 – IEC/TS 60479-2, Bild 7, Loslass-Grenzwert für Wechsel- und Gleichstromkombinationen (+ <i>zusätzlichen Daten</i>), mA beide Achsen	43
Bild H.11 – Beispielfall 1: Zeigt das Fenster für den Effektivwert	43
Bild H.12 – Kurvenform für den ex2-Fall: Zeigt das Fenster für den Effektivwert	44
Bild I.1 – Beispiele eines TN-S-Systems	46
Bild I.2 – Beispiel eines TN-C-S-Systems	47
Bild I.3 – Beispiel eines TN-G-Systems	47
Bild I.4 – Beispiel eines TN-C-Systems mit Einphasen-Dreileiteranschluss	48
Bild I.5 – Beispiel eines TT-Systems mit drei Außenleitern und Neutralleiter	48
Bild I.6 – Beispiel eines TT-Systems mit drei Außenleitern	49
Bild I.7 – Beispiel eines Dreileiter-IT-Systems (mit Neutralleiter)	49
Bild I.8 – Beispiel eines Dreileiter-IT-Systems	50
 Tabellen	
Tabelle H.1 – Dreieckige Kurvenform, vergleichende Antwort	38
Tabelle H.2 – Rechteckförmiger Berührungsstrom, Antwort	39
Tabelle H.3 – Einphasiger rechteckförmiger Berührungsstrom, Antwort	42
Tabelle H.4 – Auswertung der gemischte Wechsel-/Gleichstrom-Kurvenform, Beispiel 1	44
Tabelle H.5 – Auswertung der gemischten Wechsel-/Gleichstrom-Kurvenform, Beispiel 2	44
Tabelle K.1 – Berechnete Eingangsimpedanz und Übertragungsimpedanz für Messstromkreis für unbewerteten Berührungsstrom (Bild 3)	53
Tabelle K.2 – Berechnete Eingangsimpedanz und Übertragungsimpedanz für Messstromkreis des Berührungsstrom für Schreckreaktion (Bild 4)	53
Tabelle K.3 – Berechnete Eingangsimpedanz und Übertragungsimpedanz für Messstromkreis für Loslassen (Bild 5)	54
Tabelle K.4 – Verhältnisse Ausgangs- zu Eingangsspannung für Messstromkreis für unbewerteten Berührungsstrom (Bild 3)	55
Tabelle K.5 – Verhältnisse Ausgangs- zu Eingangsspannung für Messstromkreis für Schreckreaktion (Bild 4)	56
Tabelle K.6 – Verhältnisse Ausgangs- zu Eingangsspannung für Messstromkreis für Loslassen (Bild 5)	56