

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Luftstrecken	8
4.1 Allgemeine Bedingungen.....	8
4.2 Grundlegende Angaben	9
4.3 Homogene und angenähert homogene Feldverteilung	9
4.4 Inhomogene Feldverteilung	10
5 Kriechstrecken	12
5.1 Versuchsergebnisse	12
5.2 Bemessung der Kriechstrecken.....	12
6 Feste Isolierungen	14
6.1 Allgemeine Betrachtung	14
6.2 Einflussgrößen.....	14
6.3 Bemessung der festen Isolierungen	15
7 Prüfungen mit hochfrequenten Spannungen.....	16
7.1 Grundlegende Anforderungen	16
7.2 Prüfspannungsquelle.....	17
7.3 Vorbehandlung	17
7.4 Hochfrequente Durchschlagprüfung.....	17
7.5 Hochfrequente Teilentladungsprüfung	17
7.6 Beispiele von Prüfergebnissen	20
8 Nicht sinusförmige Spannungen	20
8.1 Allgemeine Betrachtung	20
8.2 Periodische Impulsspannungen	20
8.3 Harmonische Analyse.....	21
8.4 Bemessungsverfahren und Prüfung.....	21
Anhang A (informativ) Isolationsverhalten von Luftstrecken bei hochfrequenten Spannungen.....	22
Anhang B (informativ) Isolationsverhalten von Kriechstrecken bei hochfrequenten Spannungen.....	29
Anhang C (informativ) Isolationsverhalten der festen Isolierung bei hochfrequenten Spannungen	32
Anhang D (normativ) Prüfung der Isolierungen mit hochfrequenten Spannungen	39
Anhang E (informativ) Beanspruchung der Isolierungen mit nicht sinusförmigen hochfrequenten Spannungen	51
Anhang F (informativ) Bemessungsdiagramme	56
Literaturhinweise.....	58

Bild 1 – Bemessung von inhomogenen Luftstrecken bei atmosphärischem Druck (Spitze-Platte-Elektroden, 5 μm Radius) zur Vermeidung von TE (Luftstrecke ≥ 1 mm) oder Durchschlag (Luftstrecke < 1 mm)	11
Bild 2 – Bemessung der Kriechstrecken zur Vermeidung von Teilentladungen (Kriechstrecke ≥ 1 mm) oder Durchschlag (Kriechstrecke < 1 mm)	13
Bild 3 – Zulässige Feldstärke bei Bemessung der festen Isolierung nach Gleichung (3)	16
Bild 4 – Periodische Impulsspannung (siehe Teil 1)	20
Bild A.1 – Durchschlag bei Hochfrequenz in Luft bei Atmosphärendruck, homogene Feldverteilung, Frequenzbereich 50 Hz bis 25 MHz [3]	23
Bild A.2 – Durchschlag bei Hochfrequenz in Luft bei Atmosphärendruck, homogene Feldverteilung, Frequenzbereich 50 Hz bis 2,5 MHz [4]	24
Bild A.3 – Nadelspitze nach (obere) und vor (untere) dem Durchschlag	25
Bild A.4 – TE-Einsatzspannung in Luft bei Atmosphärendruck für $f = 100$ kHz, Spitze-Platte-Elektroden mit unterschiedlichem Spitzenradius [6]	26
Bild A.5 – TE-Aussetzspannung und Durchschlagspannung in Luft bei Atmosphärendruck für $f = 460$ kHz, Spitze-Platte-Elektroden mit BB-Nadeln [6]	27
Bild A.6 – TE-Aussetzspannung und Durchschlagspannung in Luft bei Atmosphärendruck bei $f = 1$ MHz, Spitze-Platte-Elektroden mit BB-Nadeln [6]	28
Bild B.1 – Prüflinge zur Messung der TE-Spannungen und der Stehspannungen von Kriechstrecken bis zu 6,3 mm	29
Bild B.2 – Versuchsergebnisse der TE-Aussetzspannung U_e von Kriechstrecken bis zu 6,3 mm [6]	31
Bild B.3 – Versuchsergebnisse der Durchschlagspannung U_b von Kriechstrecken bis zu 6,3 mm [6]	31
Bild C.1 – Stehvermögen von Beschichtungen gegenüber TE; konstante Prüfspannung U_t ($f = 50$ Hz) [12]	33
Bild C.2 – Stehvermögen von Beschichtungen gegenüber TE; linear ansteigende Prüfspannung U_t ($f = 50$ Hz) [12]	33
Bild C.3 – Durchschlag bei Hochfrequenz, feste Isolierung; $d = 0,75$ mm [15]	35
Bild C.4 – Durchschlag bei Hochfrequenz, feste Isolierung, Einfluss der Luftfeuchtigkeit; Vorbehandlung bei 50 °C; #1: Phenolharz mit Glimmerfüllung, $d = 0,75$ mm; #2: Silikon-Glasgewebe, $d = 1,5$ mm [19]	36
Bild C.5 – Durchschlag bei Hochfrequenz, Isolierfolien; #1: Cellulose-Acetobutyrat; #2: Polycarbonat; #3: Cellulose-Triacetat [20]	37
Bild C.6 – Durchschlag bei Hochfrequenz, Isolierfolien; #1: Polystyrol; $d = 80$ μm ; #2: Polyäthylen, $d = 50$ μm [20]	38
Bild D.1 – Hochfrequenz-Resonanzübertrager; Einfluss der Windungszahl der Sekundärspule N_2 auf die Ausgangsspannung U_2 ; $N_1 = 20$; $N_2 = 210/280/350/420/560$ [22]	39
Bild D.2 – Hochfrequenz-Leistungoszillator [5] und [6]	40
Bild D.3 – TE-Prüfschaltung für hochfrequente Spannungsprüfungen [22]	41
Bild D.4 – Blockschaltbild des Prüfkreises [5] und [6]	42
Bild D.5 – TE-Impulswiedergabe bei einer angenommenen Folgefrequenz der TE-Impulse von 2 MHz für verschiedene obere Grenzfrequenzen f_c des Prüfkreises; eingeschlossen ist ein Bandsperrfilter 3. Ordnung mit $f_{\text{Mitte}} = 1$ MHz [5] und [6]	43
Bild D.6 – Ersatzschaltung eines TE-Prüfkreises mit konzentrierten Bauelementen [5]	44
Bild D.7 – Übertragungseigenschaften von TE-Prüfkreisen für eine TE-Impulsspannungsquelle bzw. für eine TE-Impulsstromquelle [5]	45

	Seite
Bild D.8 – Eingangssignal U_{ein} und Messsignal U_{m} abhängig von der Kapazität des Kopplungskondensators C_{k} (Kapazität des Prüflings $C_3 = 10 \text{ pF}$) [5]	47
Bild D.9 – TE-Prüfung von Optokopplern mit hochfrequenter Spannung [30].....	48
Bild D.10 – TE-Prüfung von Impulstransformatoren; Einfluss der Frequenz der Spannung [30].....	49
Bild D.11 – TE-Prüfung von beschichteten Leiterplatten; U_1 , $d = 0,2 \text{ mm}$ [30]	49
Bild D.12 – Lebensdauer t von Kupfer-Lackdrähten (verdillte Drähte) bei hochfrequenter Spannung; die Beanspruchung liegt 10 % über der TE-Einsatzspannung [31]	50
Bild E.1 – Periodische Impulsspannung, Rechteckform.....	52
Bild E.2 – Periodische Impulsspannung, Rechteckform; Spektrum	52
Bild E.3 – Periodische Impulsspannung, Rechteckform mit Überschwängen (siehe Bild 4).....	53
Bild E.4 – Periodische Impulsspannung, Rechteckform mit Überschwängen; Spektrum	53
Bild E.5 – Periodische Impulsspannung, Rechteckform mit Schwingung (1 MHz)	54
Bild E.6 – Periodische Impulsspannung, Rechteckform mit Schwingung (1 MHz); Spektrum.....	54
Bild E.7 – Periodische Impulsspannung, Rechteckform mit hohem Überschwängen.....	55
Bild E.8 – Periodische Impulsspannung, Rechteckform mit hohem Überschwängen; Spektrum	55
Bild F.1 – Bemessungsdiagramm für Luftstrecken.....	56
Bild F.2 – Bemessungsdiagramm für Kriechstrecken.....	57
Tabelle 1 – Mindestluftstrecken bei atmosphärischem Druck für inhomogene Feldverteilung	12
Tabelle 2 – Mindestkriechstrecken d für verschiedene Frequenzbereiche	14
Tabelle B.1 – In die Untersuchungen einbezogene Isolierstoffe	30
Tabelle D.1 – Daten der Prüfspannungsquelle [5] und [6].....	40