

Dipl.-Ing. Eckart Lindwedel, Hannover

**Auswirkungen
innerer Teilentladungen
auf das elektrische
Alterungsverhalten
eines gefüllten
Epoxidharzformstoffes**

Reihe **21**: Elektrotechnik

Nr. **74**

Inhaltsverzeichnis	Seite
Übersicht.....	1
Einleitung.....	2
1. Probekörper, Meßeinrichtungen und Durchführung der Versuche	5
1.1 Probekörper	5
1.1.1 Probenmaterial.....	5
1.1.2 Elektrodenkonfiguration.....	7
1.1.2.1 Herstellung und Auswahl der Nadelelektroden.....	7
1.1.2.2 Feldverlauf der Nadel-Platte-Anordnung.....	8
1.1.3 Form und Herstellung der Probekörper	12
1.2 Versuchsaufbau.....	15
1.2.1 Hochspannungsmeßaufbau	15
1.2.2 Teilentladungsmeßeinheit.....	15
1.3 Versuchsdurchführung.....	17
1.3.1 Aufnahme der Meßgrößen.....	18
1.3.2 Elektronenstrahlmikroskopie und - analyse	19
1.4 Statistische Auswertung der Meßergebnisse.....	20
1.4.1 Verarbeitung und Auswertung der automatisch erfaßten Meßdaten	20
1.4.2 Anwendung der Weibull-Verteilungsfunktion	23
2. Ergebnisse der Untersuchungen	26
2.1 Einfluß der Temperatur auf die TE-Einsatzspannung.....	26
2.2 Einfluß der Temperatur auf Zerstörungszeit, TE- Summenenergie und TE- Leistung im Dauertest	27

2.3	Einfluß der Spannungshöhe auf Zerstörungszeit und TE-Summenenergie im Dauertest	30
2.4	TE-Kenngrößen als Funktion der Beanspruchungszeit der gefüllten EP-Proben im Dauertest.....	32
2.4.1	Scheinbare Ladungsmenge, Anzahl und Energie.....	37
2.4.2	Phasenverhalten	38
2.5	Ausbildung der Kanalstrukturen in gefülltem EP (REM-Aufnahmen und EMS- Analyse).....	40
2.6	Untersuchungen an ungefüllten Epoxidharzproben (Klarharz).....	41
2.6.1	TE- Kenngrößen und Zerstörungsstrukturen der Klarharzproben ohne künstlichen Hohlraum.....	42
2.6.2	TE- Kenngrößen und Zerstörungsstrukturen der Klarharzproben mit künstlichem Hohlraum vor der Nadelspitze.....	43
3.	Diskussion und physikalische Deutung der Ergebnisse.....	46
3.1	Grundlegende Theorien der Leitungsmechanismen in hochpolymeren Isolierstoffen	46
3.1.1	Bändermodell.....	46
3.1.2	Ladungsträgerbereitstellung.....	50
3.1.3	Raumladungen.....	53
3.2	Zusammensetzung und Aufbau des gefüllten Epoxidharzformstoffes	56
3.2.1	Polymermatrix	56
3.2.2	Der silanisierte Füllstoff und seine Einbindung in die Harzmatrix	61
3.3	Vorstellungen über die physikalischen Vorgänge beim Initialaufbruch im stark inhomogenen Wechselfeld.....	68
3.3.1	Einfluß der Temperatur auf die TE-Einsatzspannung.....	73

3.4	Teilentladungsverhalten nach dem Initialaufbruch (Isolierstoffalterung unter TE- Einwirkung).....	78
3.4.1	Vorstellungen über die physikalischen Vorgänge während des Kanalwachstums	78
3.4.2	Beschreibung einer Isolierstoffschädigung durch integrale TE- Kenngrößen.....	85
3.4.2.1	Einfluß der Probentemperatur.....	86
3.4.2.2	Einfluß der Beanspruchungsspannung	90
3.4.3	Beschreibung der TE-Vorgänge anhand kontinuierlich aufgenommener Kenngrößen	92
3.4.3.1	Ersatzschaltbild eines hohlraumbehafteten Dielektrikums bei Spannungsbeanspruchung.....	92
3.4.3.2	Korrelation zwischen Isolierstoffschädigung und TE-Kenngrößen der hohlraumbehafteten Klarharzproben	97
3.4.3.3	Temperatur- und Spannungseinfluß auf die TE- Kenngrößen des gefüllten EP-Harzformstoffes	101
	Zusammenfassung	105
	Literaturverzeichnis	111
	Zusammenstellung der mehrfach verwendeten Formelzeichen.....	128
	Bildteil.....	131