

	Messung der Permittivitätszahl, des dielektrischen Verlustfaktors und des spezifischen Gleichstrom-Widerstandes isolierender Flüssigkeiten (IEC 247:1978)	DIN IEC 247
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.	Klassifikation VDE 0380 Teil 2
ICS 29.040.20 Deskriptoren: Elektroisolierstoff, Isolierflüssigkeit, spezifischer Widerstand, Permittivitätszahl, Verlustfaktor Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor and d.c. resistivity of insulating liquids (IEC 247:1978) Mesure de la permittivité relative, du facteur de dissipation diélectrique et de la résistivité (en courant continu) des liquides isolants (CEI 247:1978) Die Internationale Norm IEC 247:1978 „Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor and d.c. resistivity of insulating liquids“ ist unverändert in diese Deutsche Norm übernommen worden. Beginn der Gültigkeit Diese Norm gilt ab 1. Dezember 1996. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 247 (VDE 0380 Teil 2):1983-07. Fortsetzung Seite 2 bis 16 Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE) Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Fachausschuß Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des NMP		

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm IEC 247, 2. Ausgabe, 1978, „Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor and d.c. resistivity of insulating liquids“.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 182 „Flüssigkeiten und Gase für elektrotechnische Anwendung“ der DKE zuständig.

Der Zusammenhang der in dieser Norm zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm oder andere Unterlage ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm oder anderen Unterlage.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm oder anderen Unterlage.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm gelten die angegebenen Ausgaben.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 429 S1:1983	IEC 93:1980	DIN IEC 93 (VDE 0303 Teil 30):1993-12	VDE 0303 Teil 30
–	IEC 250:1969	DIN VDE 0303-4 (VDE 0303 Teil 4):1969-12	VDE 0303 Teil 4
–	IEC 475:1974	DIN VDE 0370-3 (VDE 0370 Teil 3):1980-02	VDE 0370 Teil 3
–	IEC 588-1:1977	E DIN VDE 0371-1 (VDE 0371 Teil 1):1980-12	VDE 0371 Teil 1
–	IEC 588-2:1978	E DIN VDE 0371-2 (VDE 0371 Teil 2):1980-12	VDE 0371 Teil 2
–	IEC 588-3:1977	E DIN VDE 0371-3 (VDE 0371 Teil 3):1980-12	VDE 0371 Teil 3
–	IEC 588-4:1979	E DIN VDE 0371-4 (VDE 0371 Teil 4):1980-12	VDE 0371 Teil 4
–	IEC 588-5:1979	E DIN VDE 0371-5 (VDE 0371 Teil 5):1980-12	VDE 0371 Teil 5
–	IEC 588-6	E DIN VDE 0371-6 (VDE 0371 Teil 6):1980-12	VDE 0371 Teil 6
–	IEC 588-7	E DIN VDE 0371-7 (VDE 0371 Teil 7):1986-05	VDE 0371 Teil 7
–	ISO 4793:1980	keine Deutsche Norm bekannt	–

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN IEC 93 (VDE 0303 Teil 30)	Prüfverfahren für Elektroisierstoffe – Spezifischer Durchgangswiderstand und spezifischer Oberflächenwiderstand von festen, elektrisch isolierenden Werkstoffen (IEC 93:1980); Deutsche Fassung HD 429 S1:1983
DIN VDE 0303-4 (VDE 0303 Teil 4)	Bestimmungen für elektrische Prüfungen von Isolierstoffen – Teil 4: Bestimmung der dielektrischen Eigenschaften
DIN VDE 0370-3 (VDE 0370 Teil 3)	Isolieröle – Verfahren zur Probenahme von Isolierflüssigkeiten [VDE-Richtlinie]
E DIN VDE 0371-1 (VDE 0371 Teil 1)	Askarele für Transformatoren und Kondensatoren – Teil 1: Allgemeines
E DIN VDE 0371-2 (VDE 0371 Teil 2)	Askarele für Transformatoren und Kondensatoren – Teil 2: Prüfmethode

E DIN VDE 0371-3 (VDE 0371 Teil 3)	Askarele für Transformatoren und Kondensatoren – Teil 3: Anforderungen an neue Askarele
E DIN VDE 0371-4 (VDE 0371 Teil 4)	Askarele für Transformatoren und Kondensatoren – Teil 4: Richtlinien zur Wartung von Askarelen in Transformatoren
E DIN VDE 0371-5 (VDE 0371 Teil 5)	Askarele für Transformatoren und Kondensatoren – Teil 5: Ausleseprüfung von Werkstoffen auf Verträglichkeit mit Transformatorenaskarelen
E DIN VDE 0371-6 (VDE 0371 Teil 6)	Askarele für Transformatoren und Kondensatoren – Teil 6: Ausleseprüfung von Werkstoffen auf Beeinflussung von Kondensatorenaskarelen
E DIN VDE 0371-7 (VDE 0371 Teil 7)	Askarele für Transformatoren und Kondensatoren – Bestimmung polychlorierter Biphenyle in Isolierölen auf Mineralölbasis durch Gaschromatographie auf gepackter Säule – Identisch mit IEC 10B(Sec)55

Zu Abschnitt 1:

Zum Zeitpunkt, als die IEC 247 erarbeitet wurde (also vor 1978), fanden Askarele noch in großem Maße Verwendung; sie werden daher auch im Anwendungsbereich besonders erwähnt. Die Festlegungen der IEC 247 sind jedoch für isolierende Flüssigkeiten ganz allgemein hervorragend geeignet und gelten auch heute noch uneingeschränkt. Das K 182 hat sich daher entschlossen, diese immerhin schon 20 Jahre alte Internationale Norm noch jetzt zu übernehmen, obwohl eine Revision sicherlich bald eingeleitet wird.

Beim Umgang mit Askarelen ist die sechsteilige IEC 588 (= DIN IEC 588 (VDE 0371) ff., z. Z. Entwürfe) zu beachten.

Der Begriff „routine determinations“ (englisch) bzw. „des essais de série“ (französisch) wurde im Deutschen mit Routineprüfungen wiedergegeben, wobei nach Auffassung von K 182 hierunter Prüfungen zu verstehen sind, die in regelmäßigen, im allgemeinen zeitlich festgelegten Abständen zur Kontrolle durchgeführt werden.

Zu Abschnitt 4.1:

Invarstahl besteht aus 36 % Ni und 64 % Fe.

Zu Abschnitt A.6:

Porosität 4 entspricht nach ISO 4793 dem Porositätsgrad P 16 (d. h. nominaler max. Porendurchmesser 10 µm bis 16 µm).

Hinweis zum Umgang mit Chemikalien:

Der Umgang mit den in dieser Norm genannten Chemikalien muß mit entsprechender Sorgfalt erfolgen, und es sind in Deutschland bei der Entsorgung die diesbezüglichen Verordnungen zu beachten. Es wird daher in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß neben irgendwelchen Empfehlungen in anderen internationalen Normen die jeweils relevanten national bzw. regional gültigen Rechtsvorschriften zu beachten sind.

Von den in Abschnitt 5 aufgeführten chlorhaltigen Lösemitteln ist die Verwendung von Perchlorethylen und Chloroform (da cancerogen) zu vermeiden.

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einführung	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Definitionen	5
3 Allgemeine Betrachtungen	5
4 Gerät	6
5 Reinigungsmittel	8
6 Reinigung der Meßzelle	8
7 Probenahme	8
8 Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung	8
9 Füllung der Meßzelle	9
10 Meßtemperatur	9
11 Messung des Verlustfaktors	9
12 Messung der Permittivitätszahl	10
13 Messung des spezifischen Gleichstrom-Widerstandes	10
Anhang A Alternative Verfahren für Routineuntersuchungen des dielektrischen Verlustfaktors und des spezifischen Widerstandes isolierender Flüssigkeiten	12

Vorwort

1. Die offiziellen Beschlüsse oder Vereinbarungen der IEC über technische Fragen, die in Technischen Komitees von Vertretern aller an dem behandelten Thema besonders interessierten Nationalen Komitees erarbeitet werden, bringen das höchstmögliche Maß internationaler Übereinstimmung für das behandelte Sachgebiet zum Ausdruck.
2. Sie stellen Empfehlungen zur internationalen Anwendung dar und sind als solche von den Nationalen Komitees angenommen.
3. Um die internationale Vereinheitlichung zu fördern, wünscht die IEC, daß alle Nationalen Komitees den Text der IEC-Empfehlungen so weit in ihre nationalen Regeln übernehmen, wie es die Gegebenheiten im jeweiligen Land gestatten. Jede Abweichung zwischen der IEC-Empfehlung und der entsprechenden nationalen Regel sollte in dieser, soweit möglich, deutlich gekennzeichnet werden.

Einführung

Die erste Ausgabe dieser Norm wurde vom Technischen Komitee Nr. 15 der IEC „Isolierende Werkstoffe“ erstellt und 1967 unter dem Titel „Empfohlene Prüfzellen zur Messung des spezifischen Widerstandes von Isolierflüssigkeiten und Verfahren zur Reinigung der Zellen“ veröffentlicht.

Nach Vorliegen der Publikation wurde aufgrund der Nachfrage zum Anwendungsbereich sowohl von Seiten des TC 15 als auch des TC 10 vereinbart, die Zuständigkeit für die Revision oder notwendige erforderliche Ergänzungen dem TC 10 „Flüssige und gasförmige Isolierstoffe“ zu übertragen.

1970 hat TC 10 es als empfehlenswert erachtet, alle Messungen der dielektrischen Eigenschaften von Isolierflüssigkeiten in einer einzigen Norm zusammenzufassen; aus diesem Grunde wurde die Revision dieser Norm mit einem erweiterten Anwendungsbereich vollzogen.

Entwürfe wurden auf der Tagung 1975 in Baden-Baden beraten. Als Ergebnis dieser Tagung wurde den Nationalen Komitees im September 1976 ein Entwurfs-Schriftstück 10(Central Office)222 zur Abstimmung unter der Sechsmonatsregel vorgelegt.

Die folgenden Länder stimmten ausdrücklich für die Veröffentlichung:

Ägypten	Norwegen
Australien	Österreich
Belgien	Polen
Dänemark	Schweiz
Deutschland	Sowjetunion
Finnland	Spanien
Frankreich	Südafrika
Italien	Tschechoslowakei
Japan	Türkei
Jugoslawien	Ungarn
Kanada	Vereinigtes Königreich
Niederlande	Vereinigte Staaten

Weitere IEC-Publikationen werden in dieser Norm zitiert:

IEC 93	Recommended methods of test for volume and surface resistivities of electrical insulating materials
IEC 250	Recommended methods for the determination of the permittivity and dielectric dissipation factor of electrical insulating materials at power, audio and radio frequencies including metre wavelengths
IEC 475	Method of sampling liquid dielectrics

1 Anwendungsbereich

Diese Norm beschreibt Verfahren zur Bestimmung des dielektrischen Verlustfaktors, der Permittivitätszahl und des spezifischen Gleichstrom-Widerstandes von Kohlenwasserstoffen und Askarelen¹⁾, die bei der Untersuchungstemperatur flüssig sind.

1) Der Begriff Askarel bezeichnet eine große Klasse von isolierenden Flüssigkeiten, die, ganz oder teilweise aus Polychlorbiphenylen bestehend, dauerhafte umweltverschmutzende Stoffe sein können.

Im Umgang mit ihnen oder bei ihrer Beseitigung ist mit Vorsicht zu verfahren, um dem Zugang zur Umwelt vorzubeugen.

Die Verfahren dienen in erster Linie zur Durchführung von Referenzprüfungen an ungebrauchten Flüssigkeiten, sie können aber auch bei Betriebsflüssigkeiten in Transformatoren, Kabeln und sonstigen elektrotechnischen Betriebsmitteln angewendet werden. Sollen jedoch Routineprüfungen durchgeführt werden, können vereinfachte Verfahren, wie sie in Anhang A beschrieben sind, angewendet werden.

Die beschriebenen Prüfverfahren können erfolgreich bei isolierenden Flüssigkeiten angewandt werden, die keine Kohlenwasserstoffverbindungen oder Askarele sind; in diesem Fall können dann allerdings andere Reinigungsverfahren erforderlich sein.

2 Definitionen

2.1 Permittivitätszahl

Die Permittivitätszahl eines isolierenden Werkstoffes ist das Verhältnis der Kapazität C_x eines Kondensators, bei dem der Raum zwischen den Elektroden und um die Elektroden völlig und ausschließlich mit dem betreffenden isolierenden Werkstoff gefüllt ist, zur Kapazität C_0 derselben Elektrodenanordnung im Vakuum.

Im allgemeinen kann die Kapazität C_a der Elektrodenanordnung in Luft anstelle von C_0 gewählt werden, um die Permittivitätszahl mit ausreichender Genauigkeit zu bestimmen.

2.2 Dielektrischer Verlustfaktor

Der dielektrische Verlustfaktor ($\tan \delta$) eines isolierenden Werkstoffes ist der Tangens des Verlustwinkels.

Der Verlustwinkel ist der Winkel, um den der Phasenunterschied zwischen der angelegten Spannung und dem sich daraus ergebenden Strom von $\pi/2$ rad abweicht, wenn das Dielektrikum des Kondensators allein aus dem isolierenden Werkstoff besteht.

2.3 Spezifischer Gleichstrom-Widerstand (des Volumens)

Der spezifische Widerstand eines isolierenden Werkstoffes ist der Quotient aus der Feldstärke eines elektrischen Gleichfeldes und der konstanten Stromdichte innerhalb dieses Werkstoffes.

Die Einheit des spezifischen Widerstandes ist das Ohmmeter (Ωm).

3 Allgemeine Betrachtungen

3.1 Permittivitätszahl und dielektrischer Verlustfaktor

Die Permittivitätszahl und der dielektrische Verlustfaktor von elektrisch isolierenden Flüssigkeiten hängen in erheblichem Maße von den Untersuchungsbedingungen ab, unter denen sie gemessen werden, insbesondere von der Temperatur und von der Frequenz der angelegten Spannung. Permittivitätszahl und Verlustfaktor ergeben sich aus der dielektrischen Polarisierung und dem Wirkleitwert des Werkstoffes.

Bei Netzfrequenz und ausreichend hoher Temperatur, wie sie bei diesen Verfahren empfohlen werden, können die Verluste allein auf den Wirkleitwert der Flüssigkeit zurückgeführt werden, d. h. auf das Vorhandensein freier Ladungsträger in der Flüssigkeit. Messungen der dielektrischen Eigenschaften von isolierenden Flüssigkeiten hoher Reinheit sind daher als Nachweis für das Vorhandensein ionisierbarer Verunreinigungen von Bedeutung.

Der Beitrag des Wirkleitwerts zu den dielektrischen Verlusten der Flüssigkeit ist umgekehrt proportional zur Meßfrequenz und ändert sich mit der Viskosität des Mediums. Der Wert der Untersuchungsspannung bei der Messung des Verlustfaktors ist von geringerer Bedeutung. Er ist oft von der Empfindlichkeit der Meßbrücke abhängig. Es muß allerdings berücksichtigt werden, daß eine zu hohe Spannungsbelastung zu Begleiterscheinungen an den Elektroden, zu dielektrischer Erwärmung, Entladungen usw. führt.

Während relativ große Mengen von Verunreinigungen eine vergleichsweise geringe Veränderung der Permittivitätszahl hervorrufen, kann der Verlustfaktor von isolierenden Flüssigkeiten stark von Spuren ionisierbarer, gelöster Verunreinigungen oder kolloidaler Partikel beeinflusst werden. Wegen ihrer hohen Polarität sind Askarele weitaus empfindlicher gegenüber Verunreinigungen als flüssige Kohlenwasserstoffe, woraus sich ein höheres Lösungsvermögen und eine höhere Dissoziationsfähigkeit ergeben. Daher müssen sie vergleichsweise sorgfältiger behandelt werden als flüssige Kohlenwasserstoffe.

Unzuverlässige Ergebnisse sind im allgemeinen auf Verunreinigung infolge falscher Entnahme und Behandlung flüssiger Proben, auf mangelhafte Reinigung der Meßzellen oder auf das Vorhandensein ungelösten Wassers zurückzuführen.

Ist eine isolierende Flüssigkeit während der Lagerung längere Zeit einem starken Licht ausgesetzt, so kann das zu einer Verschlechterung mit erhöhten Werten führen. Es müssen genormte Verfahren für Lagerung und Transport flüssiger Proben und für die Konstruktion und die Reinigung der Meßzellen empfohlen werden, so daß Fehler, die durch Verunreinigung verursacht werden, so gering wie möglich bleiben.

Aus der Zeitabhängigkeit der Verlustfaktormessung können sich unstete Ergebnisse ergeben. Tatsächlich kann sich der Verlustfaktor einer isolierenden Flüssigkeit selbst bei fehlender elektrischer Beanspruchung zeitlich stark ändern, wenn die isolierende Flüssigkeit in eine auf konstante Temperatur erwärmte Zelle gegeben wird. Bei Aska-