DIN EN IEC 60076-11 (VDE 0532-76-11)

DIN

VDE

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation" bekannt gegeben worden.

ICS 29.180

Ersatz für
DIN EN 60076-11
(VDE 0532-76-11):2005-04
Siehe Anwendungsbeginn

Leistungstransformatoren – Teil 11: Trockentransformatoren (IEC 60076-11:2018); Deutsche Fassung EN IEC 60076-11:2018

Power transformers –
Part 11: Dry-type transformers
(IEC 60076-11:2018);
German version EN IEC 60076-11:2018

Transformateurs de puissance –
Partie 11: Transformateurs de type sec
(IEC 60076-11:2018);
Version allemande EN IEC 60076-11:2018

Gesamtumfang 67 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2018-09-19 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2020-02-01.

Für DIN EN 60076-11 (VDE 0532-76-11):2005-04 besteht eine Übergangsfrist bis 2021-09-19.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60076-11 (VDE 0532-76-11):2017-06.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 321 „Transformatoren“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieses Dokuments bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „http://webstore.iec.ch“ zu diesem Dokument angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees das Dokument
– bestätigt,
– zurückgezogen,
– durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
– geändert.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60076-11 (VDE 0532-76-11):2005-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Erweiterung des Anwendungsbereiches auf 72,5 kV.

b) Gehäusemanagement in Bezug auf die Leistung.

c) Management der dielektrischen und thermischen Eigenschaften unter Bezugnahme auf die Aufstellungshöhe.

d) Neue Klimaklassen zur besseren Anpassung an die Bedürfnisse des Kunden.

e) Festlegung der Beziehung zwischen der Lage und den Umgebungsklassen.

f) Für die Brandklassen Begrenzung auf 1 000 kVA und Entwicklung besser definierter Prüfverfahren.

g) Einführung von seismischen Klassen.

h) Empfehlungen für amorphe Transformatoren.

Frühere Ausgaben

DIN VDE 0532-6 (VDE 0532-6): 1989-06, 1994-01
DIN VDE 0532-6/A1 (VDE 0532-6/A1): 1996-01
DIN EN 60726 (VDE 0532-726): 2003-10
DIN EN 60076-11 (VDE 0532-76-11): 2005-04

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1 (1 von 2)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60068-3-3	DIN IEC 60068-3-3	–
EN 60071-1	IEC 60071-1	DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1)	VDE 0111-1
EN 60071-2	IEC 60071-2	DIN EN 60071-2 (VDE 0111-2)	VDE 0111-2
EN 60076-1:2011	IEC 60076-1:2011	DIN EN 60076-1 (VDE 0532-76-1):2012-03	VDE 0532-76-1
EN 60076-2	IEC 60076-2	DIN EN 60076-2 (VDE 0532-76-2)	VDE 0532-76-2
EN 60076-3:2013 + A1:2018	IEC 60076-3:2013 + A1:2018	DIN EN 60076-3 (VDE 0532-76-3):2019-03	VDE 0532-76-3
EN 60076-5	IEC 60076-5	DIN EN 60076-5 (VDE 0532-76-5)	VDE 0532-76-5
EN 60076-10	IEC 60076-10	DIN EN 60076-10 (VDE 0532-76-10)	VDE 0532-76-10
–	IEC 60076-12:2008	–	–
EN 60085	IEC 60085	DIN EN 60085 (VDE 0301-1)	VDE 0301-1
EN 60270	IEC 60270	DIN EN 60270 (VDE 0434)	VDE 0434
EN 60332-3-10	IEC 60332-3-10	DIN EN 60332-3-10 (VDE 0482-332-3-10)	VDE 0482-332-3-10
EN 60529	IEC 60529	DIN EN 60529 (VDE 0470-1)	VDE 0470-1
HD 478.2.6 S1:1993	IEC 60721-2-6:1990	–	–
EN 60721-3-4[a]	IEC 60721-3-4[a]	DIN EN 60721-3-4 (VDE 0468-721-3-4)[a]	VDE 0468-721-3-4
EN 61378-1	IEC 61378-1	DIN EN 61378-1 (VDE 0532-41)	VDE 0532-41
EN 62271-202	IEC 62271-202	DIN EN 62271-202 (VDE 0671-202)	VDE 0671-202
–	IEC/TS 60815-1	DIN IEC/TS 60815-1 (VDE V 0674-256-1)	VDE V 0674-256-1

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

Tabelle NA.1 (2 von 2)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN ISO 12944 (alle Teile)	ISO 12944 (alle Teile)	DIN EN ISO 12944 (alle Teile)	–
EN ISO 12944-2	ISO 12944-2	DIN EN ISO 12944-2	–
EN ISO 12944-6	ISO 12944-6	DIN EN ISO 12944-6	–
[a] In Vorbereitung.			

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

Nationaler Anhang NB
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1), *Isolationskoordination – Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen*

DIN EN 60071-2 (VDE 0111-2), *Isolationskoordination – Teil 2: Anwendungsrichtlinie*

DIN EN 60076-1 (VDE 0532-76-1):2012-03, *Leistungstransformatoren – Teil 1: Allgemeines*

DIN EN 60076-2 (VDE 0532-76-2), *Leistungstransformatoren – Teil 2: Übertemperaturen für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren*

DIN EN 60076-3 (VDE 0532-76-3):2019-03, *Leistungstransformatoren – Teil 3: Isolationspegel, Spannungsprüfungen und äußere Abstände in Luft (IEC 60076-3:2013 + A1:2018); Deutsche Fassung EN 60076-3:2013 + A1:2018*

DIN EN 60076-5 (VDE 0532-76-5), *Leistungstransformatoren – Teil 5: Kurzschlussfestigkeit*

DIN EN 60076-10 (VDE 0532-76-10), *Leistungstransformatoren – Teil 10: Bestimmung der Geräuschpegel*

DIN EN 60085 (VDE 0301-1), *Elektrische Isolierung – Thermische Bewertung und Bezeichnung*

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

DIN EN 60332-3-10 (VDE 0482-332-3-10), *Prüfungen an Kabeln, isolierten Leitungen und Glasfaserkabeln im Brandfall – Teil 3-10: Prüfung der vertikalen Flammenausbreitung von vertikal angeordneten Bündeln von Kabeln und isolierten Leitungen – Prüfvorrichtung*

DIN EN 60529 (VDE 0470-1), *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*

DIN EN 60721-3-4 (VDE 0468-721-3-4) (in Vorbereitung), *Klassifizierung von Umgebungsbedingungen – Teil 3: Klassen von Umgebungseinflussgrößen und deren Grenzwerte – Hauptabschnitt 4: Ortsfester Einsatz, nicht wettergeschützt*

DIN EN 61378-1 (VDE 0532-41), *Stromrichtertransformatoren – Teil 1: Transformatoren für industrielle Anwendungen*

DIN EN 62271-202 (VDE 0671-202), *Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen – Teil 202: Fabrikfertige Stationen für Hochspannung/Niederspannung*

DIN EN ISO 12944 (alle Teile), *Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme*

DIN EN ISO 12944-2, *Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen*

DIN EN ISO 12944-6, *Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 6: Laborprüfungen zur Bewertung von Beschichtungssystemen*

DIN IEC 60068-3-3, *Umweltprüfungen – Seismische Prüfverfahren für Geräte; Leitfaden; Identisch mit IEC 60068-3-3:1991*

DIN IEC/TS 60815-1 (VDE V 0674-256-1), *Auswahl und Bemessung von Hochspannungsisolatoren für die Anwendung unter Verschmutzungsbedingungen – Teil 1: Begriffe, Informationen und allgemeine Grundlagen*

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

EN IEC 60076-11

Oktober 2018

ICS 29.180

Ersatz für EN 60076-11:2004

Deutsche Fassung

Leistungstransformatoren – Teil 11: Trockentransformatoren

(IEC 60076-11:2018)

Power transformers –
Part 11: Dry-type transformers
(IEC 60076-11:2018)

Transformateurs de puissance –
Partie 11: Transformateurs de type sec
(IEC 60076-11:2018)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2018-09-19 angenommen. 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 CEN-CENELEC Management Centre 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 CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

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



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

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

© 2018 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN IEC 60076-11:2018 D

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 14/964/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe der IEC 60076-11, erarbeitet vom IEC/TC 14 „Power transformers“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN IEC 60076-11:2018 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

– spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss	(dop):	2019-06-19
– spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen	(dow):	2021-09-19

Dieses Dokument ersetzt EN 60076-11:2004.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60076-11:2018 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60721-2-6:1990	ANMERKUNG	Harmonisiert als HD 478.2.6 S1:1993 (nicht modifiziert).
ISO 12944-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 12944-2.
ISO 12944 (Reihe)	ANMERKUNG	Harmonisiert in der Reihe EN ISO 12944.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

Anhang ZA
(normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 1 Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abänderungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

ANMERKUNG 2 Aktualisierte Informationen über die in diesem Anhang aufgeführten aktuellen Fassungen der Europäischen Normen sind hier verfügbar: www.cenelec.eu.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60068-3-3	–	Environmental testing – Part 3-3: Guidance – Seismic test methods for equipments	EN 60068-3-3	–
IEC 60071-1	–	Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules	EN 60071-1	–
IEC 60071-2	–	Insulation co-ordination – Part 2: Application guidelines	EN IEC 60071-2	–
IEC 60076-1	2011	Power transformers – Part 1: General	EN 60076-1	2011
IEC 60076-2	–	Power transformers – Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers	EN 60076-2	–
IEC 60076-3	2013	Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air	EN 60076-3	2013
IEC 60076-5	–	Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit	EN 60076-5	–
IEC 60076-10	–	Power transformers – Part 10: Determination of sound levels	EN 60076-10	–
IEC 60076-12	2008	Power transformers – Part 12: Loading guide for dry-type power transformers	–	–
IEC 60085	–	Electrical insulation – Thermal evaluation and designation	EN 60085	–
IEC 60270	–	High-voltage test techniques – Partial discharge measurements	EN 60270	–
IEC 60332-3-10	–	Tests on electric cables under fire conditions – Part 3-10: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Apparatus	EN IEC 60332-3-10	–
IEC 60529	–	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)	–	–

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60721-3-4	–	Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations	EN 60721-3-4	–
IEC/TS 60815-1	–	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles	–	–
IEC 61378-1	–	Converter transformers – Part 1: Transformers for industrial applications	EN 61378-1	–
IEC 62271-202	–	High-voltage switchgear and controlgear – Part 202: High-voltage/low-voltage prefabricated substation	EN 62271-202	–
ISO 12944-6	–	Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 6: Laboratory performance test methods	EN ISO 12944-6	–

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 2

Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen 3

1 Anwendungsbereich 8

2 Normative Verweisungen 8

3 Begriffe 9

4 Betriebsbedingungen 9

4.1 Allgemeines 9

4.2 Normale Betriebsbedingungen 10

4.3 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) 11

5 Bemessungsdaten und allgemeine Bedingungen 11

5.1 Allgemeines 11

5.2 Bemessungsleistung 12

5.3 Festlegung für ungewöhnliche Betriebsbedingungen 13

5.4 Transport und Lagerung 14

5.5 Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz 15

5.6 Betrieb oberhalb der Bemessungsspannung 15

5.7 Höchste Spannung für Betriebsmittel, U_m, und Isolationsprüfpegel 15

5.8 Kennzeichnung nach der Kühlungsart 15

5.9 Garantierte Übertemperatur bei Bemessungsbedingungen 16

5.10 Zusätzlich erforderliche Angaben bei Anfragen 16

5.11 Schallpegel 16

5.12 Bauteile und Materialien 16

6 Anzapfungen 16

7 Schaltungen 17

8 Kurzschlussfestigkeit 17

9 Leistungsschild 17

9.1 Leistungsschild am Transformator 17

9.2 Leistungsschild am Transformatorgehäuse 18

10 Zulässige Übertemperaturen 18

10.1 Zulässige Übertemperaturen im Normalbetrieb 18

10.2 Herabgesetzte Übertemperaturen für Transformatoren mit hohen Kühlmitteltemperaturen oder besonderen Bedingungen für das Kühlmittel 19

10.3 Korrektur der Übertemperatur bei großen Aufstellungshöhen 19

11 Isolationspegel 19

11.1 Allgemeines 19

11.2 Transformatoren für große Aufstellungshöhen 20

12 Klima-, Umgebungs- und Brandklassen 21

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

Seite

12.1 Klimaklassen ... 21
12.2 Umgebungsklassen ... 21
12.3 Brandklassen ... 23
12.4 Prüfkriterien für Klima-, Umgebungs- und Brandklassen ... 23
13 Seismisches Verhalten ... 24
13.1 Allgemeines ... 24
13.2 Allgemeiner seismischer Klassenansatz ... 25
14 Prüfung ... 27
14.1 Allgemeine Bestimmungen für Prüfungen ... 27
14.2 Stückprüfungen ... 27
14.3 Typprüfungen ... 31
14.4 Sonderprüfungen ... 35
15 Toleranzen ... 47
16 Schutz gegen direktes Berühren ... 47
17 Gehäuseschutzarten ... 48
18 Erdungsanschluss ... 48
19 Erforderliche Angaben zu Anfrage und Bestellung ... 48
Anhang A (informativ) Installation und Sicherheit von Trockentransformatoren ... 49
A.1 Handbücher ... 49
A.2 Aufstellung ... 49
A.2.1 Allgemeines ... 49
A.2.2 Eigensicherheit ... 49
A.2.3 Vorkehrungen zur Aufstellung ... 50
A.2.4 Anlagenplanung ... 50
Anhang B (informativ) Umgebungsprüfung für die Bewertung von Freilufttransformatoren ohne Gehäuse ... 51
B.1 Allgemeines ... 51
B.2 Prüfung mit Salznebel und UV-Strahlung in einer Prüfkammer ... 51
B.2.1 Kurzbeschreibung ... 51
B.2.2 Abnahmekriterien ... 53
B.3 Prüfung der Kern- und Klemmenbeschichtung ... 53
B.3.1 Prüfbeschreibung ... 53
B.3.2 Abnahmekriterien ... 53
B.4 Einsatzprüfung ... 53
B.4.1 Prüfbeschreibung ... 53
B.4.2 Abnahmekriterien ... 54
Anhang C (normativ) Kühlung von Transformatoren in natürlich belüfteten Räumen ... 55
C.1 Annahmen ... 55
C.2 Daten für die Berechnung der Belüftung ... 56

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

Seite

C.3 Ergebnis 56
C.4 Zahlenbeispiel für einen 1000-kVA-Transformator 57
Anhang D (normativ) Berechnung der Verluste mit anderen Bezugstemperaturen und/oder anderem Wicklungswerkstoff 58
Literaturhinweise 61

Bilder

Bild 1 – Typische Messschaltung für die Teilentladungsprüfung eines Einphasentransformators 29
Bild 2 – Typische Messschaltung für die Teilentladungsprüfung eines Dreiphasentransformators 30
Bild 3 – Verlauf der Erregerspannung bei der Teilentladungsmessung 30
Bild 4 – Beispiel zum Rückarbeitsverfahren – einphasig 33
Bild 5 – Beispiel zum Rückarbeitsverfahren – dreiphasig 34
Bild 6 – Verlauf der Erregerspannung bei der Teilentladungsmessung (Sonderprüfung) 35
Bild 7 – Prüfkammer 42
Bild 8 – Einzelheiten der Prüfkammer 43
Bild B.1 – Multi-Parameter-Zyklus der Alterungsprüfung mit Salznebel 52
Bild C.1 – Wärmeableitung in einem natürlich belüfteten Raum 55

Tabellen

Tabelle 1 – Kurzzeichen 15
Tabelle 2 – Zulässige Übertemperaturen der Wicklung 18
Tabelle 3 – Isolationspegel für Prüfspannungen 19
Tabelle 4 – Korrekturfaktor für angelegte Spannungen 20
Tabelle 5 – Reihenfolge der Prüfungen 24
Tabelle 6 – Ungefähre Beschleunigungsstufe und Leistungsstufe 25
Tabelle 7 – Bodenbeschleunigungsstufe (AG) 26
Tabelle 8 – Empfohlene Überhöhungsfaktoren (K) 26
Tabelle 9 – Richtungsfaktoren (D) 26
Tabelle 10 – Eigenschaften der Klimaklasse 36
Tabelle 11 – Umgebungsklassen 38
Tabelle 12 – Maße der Kammer 41
Tabelle B.1 – Freiluft-Umgebungsklassen 51

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60076 gilt für Trockentransformatoren (einschließlich Spartransformatoren) mit einer höchsten Spannung für Betriebsmittel bis einschließlich 72,5 kV und mindestens einer Wicklung, die mit mehr als 1,1 kV betrieben wird.

Dieses Dokument gilt nicht für:

- gasgefüllte Trockentransformatoren, bei denen das Gas nicht Luft ist;
- Einphasentransformatoren mit Bemessungsleistungen unter 5 kVA;
- Mehrphasentransformatoren mit Bemessungsleistungen unter 15 kVA;
- Messwandler;
- Anlasstransformatoren;
- Prüftransformatoren;
- Fahrzeugtransformatoren;
- explosionsgeschützte und Bergbautransformatoren;
- Schweißtransformatoren;
- Stelltransformatoren;
- kleine Leistungstransformatoren, bei denen Sicherheit im Vordergrund steht.

Soweit für die zuvor genannten Transformatoren oder für andere Sondertransformatoren keine IEC-Normen bestehen, darf dieses Dokument ganz oder teilweise angewendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 60068-3-3, *Environmental testing – Part 3-3: Guidance – Seismic test methods for equipments*

IEC 60071-1, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60071-2, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guidelines*

IEC 60076-1:2011, *Power transformers – Part 1: General*

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

IEC 60076-3:2013, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air*

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

IEC 60076-10, *Power transformers – Part 10: Determination of sound levels*

IEC 60076-12:2008, *Power transformers – Part 12: Loading guide for dry-type power transformers*

IEC 60085, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

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

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

IEC 60332-3-10, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 3-10: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Apparatus*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60721-3-4, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations*

IEC/TS 60815-1, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles*

IEC 61378-1, *Converter transformers – Part 1: Transformers for industrial applications*

IEC 62271-202, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 202: High-voltage/low-voltage prefabricated substation*

ISO 12944-6, *Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 6: Laboratory performance test methods*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

– IEC Electropedia: verfügbar unter http://www.electropedia.org/
– ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter http://www.iso.org/obp

3.1
Trockentransformator
Transformator, dessen magnetischer Kreis und Wicklungen sich nicht in einer Isolierflüssigkeit befinden

3.2
vollständig geschlossener Trockentransformator
Transformator in einem drucklosen Gehäuse, der durch die Luftzirkulation im Innern gekühlt wird

3.3
geschlossener Trockentransformator
Transformator in einem belüfteten Gehäuse, durch das die Außenluft zur Kühlung des Transformators zirkulieren kann

3.4
offener Trockentransformator
Trockentransformator ohne Schutzgehäuse, der durch natürliche oder erzwungene Luftzirkulation gekühlt wird

4 Betriebsbedingungen

4.1 Allgemeines

Die Anforderungen der IEC 60076-1 gelten für Trockentransformatoren nur insoweit, als sie in diesem Dokument erwähnt werden.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

4.2 Normale Betriebsbedingungen

a) Höhenlage:

Siehe IEC 60076-1.

b) Temperatur der Kühlluft und des Kühlwassers:

Siehe IEC 60076-1.

Bei wassergekühlten Transformatoren müssen die Anforderungen an das Wasser (Temperatur, Wasserdurchfluss usw.) nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer festgelegt werden, falls die Wassertemperatur von der in IEC 60076-1 und IEC 60076-2 festgelegten abweicht.

ANMERKUNG Außer Wasser können andere Flüssigkeiten als Kühlmittel verwendet werden, wobei dann alle technischen Daten nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer festzulegen sind.

c) Wellenform der Netzspannung:

Eine angelegte sinusförmige Spannung mit einem gesamten Oberschwingungsgehalt nicht über 5 % und einem geradzahligen Oberschwingungsgehalt nicht über 1 %.

Der Käufer muss Größe und Frequenz der im Netz vorhandenen harmonischen Spannungen festlegen, die diese Grenzen überschreiten.

Der Hersteller sollte diese Oberschwingungen bei der Bestimmung von zusätzlichen Kernverlusten berücksichtigen und auch hinsichtlich der Sättigung des Kerns.

d) Oberschwingungsgehalt des Laststroms:

Der Käufer muss bei der Anfrage Größe und Frequenz aller durch die Last erzeugten Anteile der Oberschwingungsströme festlegen.

Der Hersteller muss die durch Oberschwingungsströme verursachten zusätzlichen Verluste bei der Berechnung der Übertemperatur der Wicklungen und die Auswirkungen auf die weiteren Metallteile des Transformators beachten.

Der Hersteller muss die zusätzlichen Verluste nach dem Verfahren in IEC 61378-1 berechnen oder nach einem zwischen Hersteller und Käufer vereinbarten Verfahren, z. B. Finite-Elemente-Methode.

Wenn der Gesamtoberschwingungsanteil des Laststroms 5 % überschreitet, müssen die durch diese Oberschwingungsströme verursachten zusätzlichen Verluste berücksichtigt werden, indem der Prüfstrom für die Erwärmungsprüfung erhöht wird. Die Übertemperatur mit diesen Verlusten darf bei Prüfung nach 14.3.2 den in Tabelle 2 festgelegten Grenzwert nicht überschreiten.

e) Symmetrie der angelegten Dreiphasenspannung:

Siehe IEC 60076-1.

f) Umgebungsbedigungen am Aufstellungsort:

Diese Norm legt spezifische Umgebungsklassen fest für:

1) klimatische Bedingungen;
2) Feuchtigkeit und Verschmutzung;
3) Brandverhalten;
4) seismische Störung;
5) Umweltbedingungen innerhalb den folgenden Festlegungen nach IEC 60721-3-4:
   i) biologische Umweltbedingungen 4B1;
   ii) chemisch aktive Stoffe 4C2;
   iii) mechanisch aktive Stoffe 4S3;
   iv) mechanische Bedingungen 4M4.

g) Bei Transformatoren, die für Innenraumaufstellung vorgesehen sind, könnten einige dieser Bedingungen nicht anwendbar sein.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

h) Einschaltstrom:

Einschaltstrombegrenzungen (Höchstwert, Dauer) müssen gegebenenfalls bei der Anfrage vom Käufer angegeben werden.

i) Einschalthäufigkeit:

Wenn die Einschalthäufigkeit 24-mal je Jahr übersteigt, muss der Käufer die Anzahl der Einschaltungen je Jahr bei der Anfrage festlegen.

j) Schutz vor Wasser und Flüssigkeiten:

Der Transformator muss vor Tropfwasser und Überfluten mit Wasser und anderen Flüssigkeiten geschützt werden.

k) Besondere elektrische und umgebungsbezogene Bedingungen in der Nähe des Transformators:

IEC 60076-3 empfiehlt allgemeine Mindestabstände zwischen spannungsführenden und leitfähigen Teilen in der Anlage.

Teile der Anlage, die aus Isolierstoff bestehen, werden leitfähig, wenn sie mit Regenwasser, Salzwasser oder anderen leitfähigen Flüssigkeiten benetzt werden. Teilentladungen in der Umgebung des Transformators können die Durchschlagfestigkeit der Luft verringern.

Deshalb müssen die Abstände zwischen diesen Anlagenteilen und den spannungsführenden Teilen des Transformators den in IEC 60076-3 empfohlenen Abständen entsprechen.

ANMERKUNG Um die Abstände zwischen spannungsführenden und leitfähigen Teilen in der Anlage zu verringern, ist eine Vereinbarung zwischen Käufer und Hersteller erforderlich.

l) Vibrationspegel:

Bei der Planung des Transformators müssen Vibrationen der Konstruktion, auf der der Transformator errichtet werden soll, berücksichtigt werden, und die auf die Anschlussklemmen übertragene mechanische Spannung muss besonders beachtet werden.

Der Käufer muss das Schwingungsspektrum bei der Anfrage festlegen. Das Verfahren der Schwingungsprüfung sollte gegebenenfalls bei der Anfrage zwischen Käufer und Hersteller vereinbart werden.

m) Korrosionsschutz:

Je nach Art der Anlage sollte der Käufer eine Schutzklasse nach ISO 12944 oder nach Vereinbarung zwischen Käufer und Hersteller wählen.

n) Wartung

Der Anwender muss die Vorgaben des Herstellers für die Wartung befolgen und durch regelmäßige Reinigung besonders die Ansammlung von Staub oder Schmutz auf dem Transformator vermeiden.

4.3 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Transformatoren müssen bezüglich elektromagnetischer Störaussendung und Störfestigkeit als passive Elemente betrachtet werden.

5 Bemessungsdaten und allgemeine Bedingungen

5.1 Allgemeines

Der Hersteller muss dem Transformator Bemessungsdaten zuordnen, die auf dem Leistungsschild angegeben werden müssen, siehe Abschnitt 9. Diese Bemessungsdaten müssen so gewählt werden, dass der Transformator seinen Bemessungsstrom bei Dauerbelastung ohne Überschreitung der in Abschnitt 10 festgelegten Grenzübertemperaturen abgeben kann, vorausgesetzt, dass die angelegte Primärspannung gleich der Bemessungsspannung ist und dass die Einspeisung bei Bemessungsfrequenz erfolgt.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

5.2 Bemessungsleistung

5.2.1 Allgemeines

Die Bemessungsleistung bezieht sich auf den Dauerbetrieb. Sie ist eine Bezugsgröße für Garantien und Prüfungen bezüglich der Kurzschlussverluste, Übertemperaturen und Kurzschlussimpedanz.

ANMERKUNG Ein Zweiwicklungstransformator hat nur einen Wert der Bemessungsleistung, der für beide Wicklungen identisch ist. Der Transformator führt in beiden Wicklungen die Bemessungsleistung, wenn an die Primärwicklung des Transformators die Bemessungsspannung angelegt wird und durch die Anschlüsse dieser Wicklung der Bemessungsstrom fließt.

Die Bemessungsleistung entspricht Dauerbetrieb; trotzdem können Trockentransformatoren nach dieser Norm mit Überlast betrieben werden, siehe hierzu IEC 60076-12.

5.2.2 Festlegung der Bemessungsleistung bei Kühlung mit Ventilatoren oder Wärmetauschern

Jeder Wicklung eines Transformators wird eine Bemessungsleistung zugeordnet, die auf dem Leistungsschild angegeben werden muss. Die Bemessungsleistung bezieht sich auf den Dauerbetrieb. Sie ist der Bezugswert für die Garantiewerte und Prüfungen der Kurzschlussverluste und Temperaturanstiege.

Falls verschiedene Werte der Scheinleistung unter verschiedenen Randbedingungen zugeordnet werden, z. B. bei unterschiedlichen Kühlungsverfahren, ist der höchste dieser Werte die Bemessungsleistung.

Falls Zusatzkühlung mit Hilfe von Ventilatoren vorgesehen ist, muss die Leistung ohne Ventilatoren zwischen Käufer und Lieferant vereinbart werden.

5.2.3 Transformator IP00 (ohne Gehäuse)

Jeder Wicklung eines Transformators wird eine Bemessungsleistung zugeordnet, die auf dem Leistungsschild anzugeben ist.

5.2.4 Transformator mit Gehäuse

Dieser Unterabschnitt legt die Bemessungsleistung und den Abstand zwischen den spannungsführenden Teilen und dem Gehäuse fest, wenn der Transformator mit einem Gehäuse ausgestattet ist.

Zwei Fälle sind festgelegt:

a) Der Transformator in einem Gehäuse wird hergestellt, in dem Gehäuse geprüft und anschließend zum Aufstellungsort geliefert:
   - Die Abstände zwischen den spannungsführenden Teilen und dem Gehäuse müssen vom Hersteller festgelegt werden. Die Spannungsprüfungen müssen mit dem Gehäuse als eine Stückprüfung durchgeführt werden.
   - Wenn der Abstand zwischen dem spannungsführenden Teil und dem Gehäuse die Anforderungen von IEC 60076-3 erfüllt, dann müssen die Spannungsprüfungen entweder mit oder ohne Gehäuse durchgeführt werden.
   - Das Gehäuse darf für den Transport abgebaut werden. In diesem Fall müssen die vom Abbau betroffenen Luftstrecken zwischen den spannungsführenden Teilen und dem Gehäuse die Anforderungen von IEC 60076-3 erfüllen.
   - Es darf zu keiner Verringerung der Bemessungsleistung (Leistungsminderung) kommen.

b) Transformator und Gehäuse werden getrennt oder zu einem späteren Zeitpunkt zum Aufstellungsort geliefert:
   - Für die Bestimmung der thermischen Leistungsdaten des Gehäuses gibt es zwei Verfahren:

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

  - Die Leistungsminderung der Bemessungsleistung wird nach IEC 62271-202 bestimmt. Anschließend muss die Temperaturklasse des Gehäuses vom Hersteller des Gehäuses angegeben werden (Verkäufer des Systems).
  - Das Gehäuse wird nach Anhang C dieses Dokuments berechnet.
- Der Abstand zwischen den spannungsführenden Teilen und dem Gehäuse muss der Anforderung nach IEC 60076-3 entsprechen.
- Das Gehäuse muss mit einem Leistungsschild versehen sein und der Hersteller oder Verkäufer des Systems ist für die Bestimmung der Bemessungsleistung des Transformators mit Gehäuse verantwortlich.

5.2.5 Vorzugswerte für die Bemessungsleistung

Die Vorzugswerte müssen mit IEC 60076-1 übereinstimmen, beginnend mit 50 kVA.

5.2.6 Betrieb oberhalb der Bemessungsleistung

Es gilt der Leitfaden für Trockentransformatoren nach IEC 60076-12 und die Anforderungen nach IEC 60076-1.

5.3 Festlegung für ungewöhnliche Betriebsbedingungen

Der Käufer muss in seiner Anfrage alle Betriebsbedingungen festlegen, die nicht durch die normalen Betriebsbedingungen in 4.2 abgedeckt sind. Beispiele für derartige Bedingungen sind:

– hohe oder niedrige Umgebungstemperaturen außerhalb der in 4.2 vorgeschriebenen Grenzen;
– eingeschränkte Belüftung;
– Aufstellungshöhe jenseits der in 4.2 vorgeschriebenen Grenzen;
– schädigende Rauchgase und Dämpfe;
– Dampf;
– Luftfeuchtigkeit jenseits der in 4.2 vorgeschriebenen Grenzen;
– Tropfwasser;
– Salznebel;
– leitfähige Verschmutzung;
– übermäßiger und scheuernder Staub;
– hoher Oberschwingungsanteil des Laststromes, vorgeschrieben in 4.2;
– Verzerrung der Netzspannungswellenform, vorgeschrieben in 4.2;
– schnelle transiente Überspannungen über den in 11.1 vorgeschriebenen Grenzen;
– Art der Schaltung von Kondensatoren zur Anpassung des Leistungsfaktors und zur Begrenzung des Einschaltstromes;
– überlagerter Gleichstrom;
– seismische Qualifikation, was andernfalls besondere Maßnahmen bei der Planung erfordern könnte;
– extreme mechanische Stöße und Schwingungen;
– Transport- und Lagerbedingungen, die durch die in 5.7 beschriebenen Normalbedingungen nicht abgedeckt sind;
– Sonneneinstrahlung;
– häufiges Einschalten öfter als 24-mal je Jahr;
– häufige Kurzschlüsse;
– Verhältnis Spannung zu Frequenz (V/Hz) über die Werte in IEC 60076-1 hinaus;

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

– falls ein Maschinentransformator im Rückspeisemodus verwendet werden soll, wenn er nicht ohne Schutz auf der Unterspannungsseite mit dem Generator verbunden ist;
– Korrosionsschutz in Abhängigkeit von der Art der Anlage;
– Umgebung (siehe 4.2), der Käufer sollte Schutzklassen nach ISO 12944 oder nach Vereinbarung zwischen Käufer und Hersteller wählen;
– Lastabwurfbedingungen für Maschinentransformatoren, die schwerwiegender sind als jene, die in IEC 60076-1 angegeben wurden.

Festlegungen für Transformatoren für den Betrieb unter solchen ungewöhnlichen Bedingungen müssen zwischen Hersteller und Käufer vereinbart werden.

Für andere als normale Betriebsbedingungen nach 4.2, z. B. hohe Kühllufttemperatur oder Aufstellungshöhe oberhalb von 1 000 m, sind in 10.2 und 10.3 innerhalb festgelegter Grenzen ergänzende Anforderungen an die Bemessung und Prüfung von Transformatoren festgelegt.

5.4 Transport und Lagerung

5.4.1 Transporteinschränkung

Falls bezüglich Transportgröße oder Transportgewicht Einschränkungen gelten, müssen diese in der Anfrage angegeben werden.

Falls andere besondere Bedingungen während des Transports gelten, müssen diese in der Anfrage angegeben werden.

5.4.2 Transportbeschleunigung

Der Transformator muss so konstruiert und hergestellt werden, dass er einer konstanten Beschleunigung von mindestens 10 m/s^2 in alle Richtungen (zusätzlich zur Erdbeschleunigung in senkrechter Richtung) ohne Schaden widersteht (siehe 4.2 f), 5)).

Wenn der Hersteller nicht für den Transport verantwortlich ist und beim Transport eine Beschleunigung über 10 m/s^2 zu erwarten ist, müssen die Beschleunigungen und Häufigkeiten bei der Anfrage festgelegt werden. Falls der Käufer höhere Beschleunigungen festlegt, sollte der Hersteller diese bei der Auslegung berücksichtigen und Hinweise zum Transport und zur Verpackung geben.

Falls beabsichtigt ist, den Transformator als mobilen Transformator einzusetzen, muss das bei der Anfrage angegeben werden.

ANMERKUNG Üblicherweise werden beim Transport von großen Transformatoren Stoßaufzeichnungsgeräte (Schockrecorder) verwendet.

5.4.3 Temperatur- und Umgebungsbedingungen für Lagerung und Transport

Alle Transformatoren müssen für Transport und Lagerung bei Umgebungstemperaturen bis zu –25 °C geeignet sein.

Für Lagerung und Transport bei anderer Umgebungstemperatur siehe 12.1.

Transformatoren müssen während Transport und Lagerung gegen Verunreinigung, Wasser usw. geschützt werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02

5.5 Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz

5.5.1 Bemessungsspannung

Es gelten die Anforderungen nach IEC 60076-1.

5.5.2 Bemessungsfrequenz

Es gelten die Anforderungen nach IEC 60076-1.

5.6 Betrieb oberhalb der Bemessungsspannung

Es gelten die Anforderungen nach IEC 60076-1.

ANMERKUNG 1 Diese Anforderung soll im Normalbetrieb nicht systematisch angewendet werden. Der aus diesen Bedingungen resultierende Anstieg der Eisenverluste führt zu ungünstigen Effekten, sofern dieser Betrieb nicht zeitlich begrenzt ist. Diese Bedingung ist für relativ seltene Betriebsfälle in begrenzten Zeitintervallen reserviert, z. B. für Notbetrieb oder bei extremer Spitzenbelastung.

ANMERKUNG 2 Untererregung erhöht den Bemessungsstrom nicht.

5.7 Höchste Spannung für Betriebsmittel, U_m, und Isolationsprüfpegel

Für die Außenleiteranschlüsse muss die in Tabelle 3 angegebene U_m (höchste Spannung für Betriebsmittel), soweit vom Käufer nicht anders festgelegt, als der niedrigste Wert, der die Bemessungsspannung der jeweiligen Wicklungen überschreitet, festgelegt werden.

Sofern vom Käufer nicht anders festgelegt, muss als Isolationsprüfpegel der in Tabelle 3 angegebene Höchstwert, der dem jeweiligen U_m-Wert entspricht, gewählt werden.

Im Zusammenhang mit der Isolationskoordination kann der Käufer einen der Werte nach Tabelle 3 oder einen in IEC 60076-3 aufgeführten höheren Wert auswählen.

5.8 Kennzeichnung nach der Kühlungsart

5.8.1 Allgemeines

Der Käufer muss das Kühlmedium festlegen (Luft oder Wasser).

Falls der Käufer besondere Anforderungen an das (die) Kühlungsverfahren oder die Kühleinrichtung hat, müssen diese in der Anfrage festgelegt werden.

5.8.2 Kurzzeichen zur Kennzeichnung

Transformatoren müssen entsprechend der angewendeten Kühlungsart gekennzeichnet werden. Buchstaben als Kurzzeichen für jede Kühlungsart müssen Tabelle 1 entsprechen.

Tabelle 1 – Kurzzeichen

		Kurzzeichen
Kühlmittel	Luft	A
	Wasser	W
Kühlmittelbewegung	Natürlich	N
	Erzwungen	F

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60076-11:2020-02