

	DIN EN 60076-15 (VDE 0532-76-15)	
	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	Einsprüche bis 2008-03-08 Entwurf Leistungstransformatoren – Teil 15: Gasgefüllte Leistungstransformatoren (IEC 14/553/CDV:2007); Deutsche Fassung prEN 60076-15:2007 Power transformers – Part 15: Gas-filled-type power transformers (IEC 14/553/CDV:2007); German version prEN 60076-15:2007 Transformateurs de puissance – Partie 15: Transformateurs de puissance remplis de gaz (CEI 14/553/CDV:2007); Version allemande prEN 60076-15:2007 Anwendungswarnvermerk Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2008-01-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren. Stellungnahmen werden erbeten – vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@vde.com in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden – oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main. Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen. Gesamtumfang 43 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE	

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN 60076-15:2007 „Leistungstransformatoren – Teil 15: Gasgefüllte Leistungstransformatoren“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 14/553/CDV:2007 „Power transformers – Part 15: Gas-filled-type power transformers“ unverändert in den Entwurf prEN 60076-15:2007 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 14 „Power transformers“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

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

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 gültige 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
Normen der Reihe EN 60044	Normen der Reihe IEC 60044	Normen der Reihe DIN EN 60044 (VDE 0414-44)	VDE 0414-44
–	IEC 60050	–	–
–	IEC 60060-1	DIN IEC 60060-1 (VDE 0432-1)	VDE 0432-1
Normen der Reihe EN 60071	Normen der Reihe IEC 60071	Normen der Reihe DIN EN 60071 (VDE 0111)	VDE 0111
EN 60076-1	IEC 60076-1	DIN EN 60076-1 (VDE 0532-76-1)	VDE 0532-76-1
EN 60076-2	IEC 60076-2	DIN EN 60076-2 (VDE 0532-102)	VDE 0532-102
EN 60076-3	IEC 60076-3	DIN EN 60076-3 (VDE 0532-3)	VDE 0532-3
EN 60076-4	IEC 60076-4	DIN EN 60076-4 (VDE 0532-76-4)	VDE 0532-76-4
EN 60076-5	IEC 60076-5	DIN EN 60076-5 (VDE 0532-76-5)	VDE 0532-76-5
–	IEC 60076-8	–	–
EN 60076-10	IEC 60076-10	DIN EN 60076-10 (VDE 0532-76-10)	VDE 0532-76-10
–	IEC 60076-10-1	–	–
EN 60076-11	IEC 60076-11	DIN EN 60076-11 (VDE 0532-76-11)	VDE 0532-76-11
EN 60085	IEC 60085	DIN EN 60085 (VDE 0301-1)	VDE 0301-1
EN 60376	IEC 60376	DIN EN 60376 (VDE 0373-1)	VDE 0373-1
EN 60480	IEC 60480	DIN EN 60480 (VDE 0373-2)	VDE 0373-2
EN 60694	IEC 60694	DIN EN 60694 (VDE 0670-1000)	VDE 0670-1000
–	IEC 60943	–	–
EN 62271-203	IEC 62271-203	DIN EN 62271-203 (VDE 0671-203)	VDE 0671-203
EN 9001	ISO 9001	DIN EN ISO 9001	–

Nationaler Anhang NB
(informativ)

Literaturhinweise

Normen der Reihe DIN EN 60044 (VDE 0414-44), *Messwandler*

DIN IEC 60060-1 (VDE 0432-1), *Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen*

Normen der Reihe DIN EN 60071 (VDE 0111), *Isolationskoordination*

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

DIN EN 60076-2 (VDE 0532-102), *Leistungstransformatoren – Teil 2: Übertemperaturen*

DIN EN 60076-3 (VDE 0532-3), *Leistungstransformatoren – Teil 3: Isolationspegel, Spannungsprüfungen und äußere Abstände in Luft*

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

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 60076-11 (VDE 0532-76-11), *Leistungstransformatoren – Teil 11: Trockentransformatoren*

DIN EN 60085 (VDE 0301-1), *Elektrische Isolierung – Thermische Klassifizierung*

DIN EN 60376 (VDE 0373-1), *Bestimmung für Schwefelhexafluorid (SF₆) von technischem Reinheitsgrad zur Verwendung in elektrischen Betriebsmitteln*

DIN EN 60480 (VDE 0373-2), *Richtlinien für die Prüfung und Aufbereitung von Schwefelhexafluorid (SF₆) nach Entnahme aus elektrischen Betriebsmitteln und Spezifikation für dessen Wiederverwendung*

DIN EN 60694 (VDE 0670-1000), *Gemeinsame Bestimmungen für Hochspannungs-Schaltgeräte-Normen*

DIN EN 62271-203 (VDE 0671-203), *Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen – Teil 203: Gasisolierte metallgekapselte Schaltanlagen für Bemessungsspannungen von 52 kV und darüber*

DIN EN ISO 9001, *Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen*

Deutsche Fassung

Leistungstransformatoren –
Teil 15: Gasgefüllte Leistungstransformatoren

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Begriffe	4
4 Betriebsbedingungen	5
5 Anzapfungen	5
6 Schaltungen	5
7 Kurzschlussfestigkeit	5
8 Bemessungsdaten	5
8.1 Allgemeines	5
8.2 Bemessungsleistung	5
8.3 Belastungsspiel	6
8.4 Vorzugswerte für die Bemessungsleistung	6
8.5 Betrieb bei einer höheren Spannung als der Bemessungsspannung und/oder bei abweichender Frequenz	6
8.6 Über den Bemessungswert auf dem Leistungsschild hinausgehende Belastung	6
9 Leistungsschild	6
9.1 Angaben, die in allen Fällen zu machen sind	6
9.2 Zusätzliche Angaben für bestimmte Fälle	7
10 Kennzeichnung nach der Kühlungsart	8
11 Zulässige Übertemperaturen	8
11.1 Einteilung und Temperatur von Isoliersystemen	8
11.2 Übliche zulässige Übertemperaturen	9
11.3 Herabgesetzte Übertemperaturen für Transformatoren mit hohen Kühllufttemperaturen oder besonderen Bedingungen für die Kühlluft	10
11.4 Korrektur der Übertemperatur in großen Aufstellungshöhen	10
11.5 Herabgesetzte Übertemperaturen für Transformatoren mit hohen Wasserkühlungstemperaturen	10
11.6 Herabgesetzte Übertemperaturen während festgelegter Lastzyklen	10
12 Isolationspegel	10
13 Anforderungen an Gase und Gasdichtheit	11
13.1 Anforderungen an Gase	11
13.2 Gasdichtheit	11
14 Allgemeine Bestimmungen für Prüfungen	11
15 Messung des Wicklungswiderstandes (Stückprüfung)	12

	Seite
16 Messung der Übersetzung und Nachweis der Phasendrehung (Stückprüfung).....	12
17 Messung der Kurzschlussimpedanz und der Kurzschlussverluste (Stückprüfung)	12
18 Messung der Leerlaufverluste und des Leerlaufstroms (Stückprüfung)	12
19 Prüfungen an Stufenschaltern (Stückprüfung).....	12
20 Messung der Nullimpedanz(en) an Drehstromtransformatoren (Sonderprüfung)	12
21 Messung der Oberschwingungen des Leerlaufstroms (Sonderprüfung)	12
22 Prüfung mit angelegter Steh-Wechselspannung (Stückprüfung).....	12
23 Kurzzeitprüfung mit induzierter Wechselspannung (ACSD) (Stück- oder Sonderprüfung)	12
24 Langzeitprüfung mit induzierter Wechselspannung und mit Teilentladungsmessung (ACLD) (Stück- oder Sonderprüfung).....	13
25 Blitzstoßspannungsprüfung (LI) (Stück- oder Typprüfung).....	13
26 Prüfung mit abgeschnittener Blitzstoßspannung (LIC) (Sonderprüfung)	13
27 Schaltstoßspannungsprüfung (SI) (Stückprüfung an Transformatoren mit einer höchsten Spannung über 170 kV)	13
28 Übertemperaturprüfung (Typprüfung)	13
28.1 Allgemeines	13
28.2 Korrekturen.....	13
29 Messung der Geräuschpegel (Sonderprüfung).....	13
29.1 Allgemeines	13
29.2 Vorgeschriebener Messpfad	14
30 Kurzschlussprüfung (Sonderprüfung)	14
31 Dichtheitsprüfung (Stückprüfung).....	14
32 Druckprüfungen für Tanks (Stückprüfung).....	15
33 Weitere Sonderprüfungen	15
34 Grenزابweichungen	15
35 Erdungsanschluss	15
36 Angaben für Anfrage und Bestellung	15
Anhang A (normativ) Angaben für Anfrage und Bestellung	16
Anhang B (informativ) Vorübergehende Belastung – Mathematisches Modell.....	18
Bild B.1 – Modell der Temperaturverteilung	18
Tabelle 1 – Einteilung und Temperatur des Isoliersystems	9
Tabelle 2 – Grenzwerte der Übertemperatur der Wicklung.....	9
Tabelle 3 – Höchstzulässige Werte der mittleren Temperatur jeder Wicklung	14

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für gasgefüllte Leistungstransformatoren (einschließlich Spartransformatoren). Diese Norm gilt für alle Bautechniken.

Diese Norm gilt nicht für:

- Einphasentransformatoren mit Bemessungsleistungen unter 1 kVA und Drehstromtransformatoren unter 5 kVA;
- Trockentransformatoren (siehe IEC 60076-11);
- Messwandler (IEC 60044);
- Anlasstransformatoren;
- Prüftransformatoren;
- Fahrzeugtransformatoren;
- Schweißtransformatoren.

Sofern keine IEC-Normen für die vorstehend aufgeführten und für weitere Sondertransformatoren bestehen, darf diese Norm entweder vollständig oder teilweise angewendet werden.

ANMERKUNG Diese Norm kann für die Gasteile eines Transformators Anwendung finden, in denen ein Isoliergas mit einer Isolierflüssigkeit angewendet wird.

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 60050, *International Electrotechnical Vocabulary*

IEC 60071, *Insulation co-ordination*

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

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

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

IEC 60076-4, *Power transformers – Part 4: Guide to the lightning impulse and switching impulse testing – Power transformers and reactors*

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

IEC 60076-8, *Power transformers – Part 8: Application guide*

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

IEC 60076-10-1, *Power transformers – Part 10-1: Determination of sound levels – Application guide*

IEC 60076-11, *Power transformers – Part 11: Dry-type transformers*

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60085, *Electrical insulation – Thermal qualification*

IEC 60376, *Specification of technical grade SF₆ for use in electrical equipment*

IEC 60480, *Guide to the checking of sulphur hexafluoride (SF₆) taken from electrical equipment*

IEC 60694, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*

IEC 60943, *Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals*

IEC 62271-203, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Begriffe. Weitere verwendete Begriffe haben die Bedeutung, die ihnen in IEC 60076-1 oder IEC 60050 zugeschrieben wird.

3.1

gasgefüllter Transformator

Transformator, dessen Magnetkreis und Wicklungen in einem Gehäuse untergebracht werden, das mit einem Isoliergas gefüllt ist. In den meisten Fällen wird Schwefelhexafluoridgas (SF₆) verwendet und ein derartiger Transformator wird auch als gasisolierter Transformator bezeichnet.

3.2

Bemessungsgasdruck

Gasdruck (Manometerdruck) bei 20 °C, der für die Anwendung in einem gasgefüllten Transformator ausgelegt ist

3.3

garantierter Mindestgasdruck

der Mindestgasdruck (Manometerdruck) bei 20 °C, bei dem die Isolation eines gasgefüllten Transformators noch garantiert werden kann

ANMERKUNG Ein Transformator, bei dem der Magnetkreis und die Wicklungen in einem Gehäuse oder in einem Behälter untergebracht sind, das bzw. der mit einer Isolierflüssigkeit, wie Tetrafluorkohlenstoff, gefüllt ist, wird als flüssigkeitsgefüllter Transformator angesehen.

3.4

Bemessungsdruck der Tanks

Relativdruck, der für die Bestimmung der Auslegung der Tanks angewendet wird

ANMERKUNG Dieser Druck muss mindestens gleich dem maximalen Druck im Tank bei der höchsten Temperatur sein, die das Gas unter festgelegten Höchstwerten der Betriebsbedingungen erreichen kann.

3.5

Begriffe, Symbole und Einheiten hinsichtlich der Gas- und Vakuumdichtheit

3.5.1

absolute Leckrate

F

die Gasmenge, die in der Zeiteinheit entweicht, angegeben in Pa m³/s

3.5.2

zulässige Leckrate

F_p

vom Hersteller festgelegte, maximal zulässige absolute Leckrate, angegeben in Pa m³/s

3.5.3

relative Leckrate

F_{rel}

die absolute Leckrate, bezogen auf die Gesamtmenge des Gases im Transformator bei Bemessungsfülldruck (oder -dichte). Sie wird als prozentualer Anteil bezogen auf ein Jahr oder einen Tag angegeben.

4 Betriebsbedingungen

Es gelten die in IEC 60076-1 angegebenen Anforderungen. Hinsichtlich der Bezugnahme für die Kühlung gelten die Anforderungen nach IEC 60076-2.

5 Anzapfungen

Es gelten die in IEC 60076-1 angegebenen Anforderungen.

6 Schaltungen

Es gelten die in IEC 60076-1 angegebenen Anforderungen.

7 Kurzschlussfestigkeit

Transformatoren müssen die in IEC 60076-5 angegebenen Anforderungen einhalten. Wenn ein Käufer eine Prüfung zum Nachweis der Einhaltung fordert, dann muss dies vertraglich vereinbart sein.

8 Bemessungsdaten

8.1 Allgemeines

Die Bemessungsdaten müssen dem Transformator vom Hersteller zugeordnet werden und sind auf dem Leistungsschild anzugeben, siehe Abschnitt 9. Die Bemessungswerte müssen derart sein, dass der Transformator seinen Bemessungsstrom unter Dauerlastbedingungen liefern kann, ohne dabei die in Abschnitt 11 festgelegten Grenzwerte der Erwärmung zu überschreiten, wobei angenommen wird, dass die anliegende Primärspannung gleich der Bemessungsspannung ist, die Versorgung mit Bemessungsfrequenz erfolgt und dass der Transformator bei Bemessungsgasdruck betrieben wird.

8.2 Bemessungsleistung

Jeder Wicklung eines Transformators wird eine Bemessungsleistung zugeordnet, die auf dem Leistungsschild anzugeben ist. Die Bemessungsleistung bezieht sich auf den Dauerbetrieb. Sie ist der Bezugswert für die verbindlich angegebenen Werte und Prüfungen der Kurzschlussverluste und Übertemperaturen.

Sofern unterschiedliche Werte der Scheinleistung unter verschiedenen Randbedingungen zugeordnet werden, z. B. unterschiedliche Kühlungsarten, ist der höchste dieser Werte die Bemessungsleistung.

ANMERKUNG Ein Zweiwicklungstransformator hat nur einen Wert der Bemessungsleistung, der für beide Wicklungen identisch ist. Wenn bei einem Transformator die Bemessungsspannung an die Primärwicklung angelegt wird und der Bemessungsstrom über die Anschlüsse dieser Wicklung fließt, dann nimmt der Transformator die entsprechende Bemessungsleistung für beide Wicklungen auf.

Der Transformator muss bei Dauerbetrieb seine Bemessungsleistung (bei einem Mehrwicklungstransformator die festgelegte(n) Kombination(en) der Wicklungsbemessungsleistung(en)) unter den in Abschnitt 4 aufgeführten Bedingungen führen können ohne die in Abschnitt 11 festgelegten Grenzwerte der Übertemperaturen zu überschreiten.

8.3 Belastungsspiel

Falls in der Anfrage oder Bestellung angegeben, darf dem Transformator zusätzlich zu seiner Bemessungsleistung für Dauerbetrieb ein zeitweiliges Belastungsspiel zugeordnet werden, mit dem er unter den in Abschnitt 11 festgelegten Bedingungen belastbar sein muss.

ANMERKUNG Von dieser Wahlmöglichkeit ist besonders Gebrauch zu machen, um eine Grundlage für die Auslegung und die verbindlichen Angaben im Hinblick auf zeitweilige Notbetriebsbelastungen von Großtransformatoren zu haben.

In Ermangelung einer derartigen Festlegung sind Orientierungshilfen für die Belastung von Transformatoren, die diesem Teil entsprechen, zwischen Käufer und Hersteller zu vereinbaren.

Durchführungen, Stufenschalter und weitere Hilfseinrichtungen sind so auszuwählen, dass sie die Belastbarkeit des Transformators nicht einschränken.

8.4 Vorzugswerte für die Bemessungsleistung

Es gelten die in IEC 60076-1 angegebenen Anforderungen.

8.5 Betrieb bei einer höheren Spannung als der Bemessungsspannung und/oder bei abweichender Frequenz

Es gelten die in IEC 60076-1 angegebenen Anforderungen.

8.6 Über den Bemessungswert auf dem Leistungsschild hinausgehende Belastung

Sofern nicht in der Anfrage oder Bestellung festgelegt, ist eine zeitweilige Belastung, mit der die auf dem Leistungsschild angegebene Belastung überschritten wird, zwischen Lieferant und Käufer zu vereinbaren.

ANMERKUNG Bei der Betrachtung einer Belastung, die die auf dem Leistungsschild angegebene Bemessungsbelastbarkeit überschreitet, kann das Konzept aus IEC 60076-7 für ölgefüllte Transformatoren anwendbar sein, jedoch kann IEC 60076-7 aufgrund der unterschiedlichen Kühleigenschaften von Öl und Gas nicht direkt angewendet werden.

9 Leistungsschild

Jeder Transformator ist mit einem Leistungsschild aus witterungsbeständigem Werkstoff auszurüsten, das an gut sichtbarer Stelle anzubringen ist und die nachstehenden Angaben enthält. Die Eintragungen auf dem Leistungsschild müssen unlöslich vorgenommen werden (z. B. durch Ätzen, Gravieren, Prägen oder einen photochemischen Prozess).

9.1 Angaben, die in allen Fällen zu machen sind

- a) Art des Transformators (z. B. gasgefüllter Transformator, gasgefüllter Spartransformator usw.);
- b) Nummer und Jahr dieser Norm;
- c) Name des Herstellers;
- d) Fertigungsnummer des Herstellers;
- e) Baujahr;
- f) Phasenanzahl;
- g) Bemessungsleistung (in kVA oder MVA). (Bei Mehrwicklungstransformatoren sollte die Bemessungsleistung jeder Wicklung angegeben werden);
- h) Bemessungsfrequenz (in Hz);
- i) Bemessungsspannungen (in V oder kV) und Anzapfungsbereich;
- j) Bemessungsströme (in A oder kA);

- k) Schaltgruppe;
- l) Schaltbild;
- m) Kurzschlussimpedanz-Messwerte in %. Bei Mehrwicklungstransformatoren sind die einzelnen Impedanzen mit den entsprechenden Bezugsleistungen für verschiedene Zweiwicklungskombinationen anzugeben. Bei Transformatoren mit einer angezapften Wicklung siehe auch IEC 60076-1.
- n) Kühlungsart (Wenn der Transformator mehrere Kühlungsarten hat, sind die jeweiligen Leistungen als Prozentwerte der Bemessungsleistung anzugeben, z. B. GNAN/GDAF 30/100 %);
- o) Temperatur des Isoliersystems für jede Wicklung (Bei Mehrwicklungstransformatoren sollte die Temperatur des Isoliersystems von jeder Wicklung angegeben werden.);
- p) zulässige Übertemperaturen der Wicklungen (nur wenn Grenzwerte festgelegt werden, die von denen in Tabelle 2 abweichen);
- q) Art des Isoliergases;
- r) Bemessungsgasdruck (in MPa-Überdruck);
- s) zugesicherter Mindestgasdruck (in MPa-Überdruck);
- t) Vakuumfestigkeit des Kessels;
- u) Gesamtgewicht;
- v) Gasgewicht;
- w) Transportgewicht (bei Transformator mit einem Gesamtgewicht von mehr als 5 t);
- x) Aktivteilgewicht (bei Transformator mit einem Gesamtgewicht von mehr als 5 t);
- y) Isolationspegel (Auf dem Leistungsschild müssen die Bemessungsschaltspannungen für alle Wicklungen angegeben werden. Die Prinzipien für die allgemeine Schreibweise werden in IEC 60076-3 dargestellt.)

Wenn der Transformator bei verschiedenen Wicklungsschaltungen, die bei der Auslegung berücksichtigt wurden, unterschiedliche Bemessungsdaten hat, sind alle diese zusätzlichen Bemessungsdaten auf dem Leistungsschild anzugeben, oder es sind getrennte Leistungsschilder für je einen Satz Bemessungsdaten vorzusehen.

9.2 Zusätzliche Angaben für bestimmte Fälle

- a) bei Transformatoren mit mehr als einer Wicklung, deren „höchste Spannung für Betriebsmittel“ U_m 3,6 kV ist:
 - Kurzangabe der Isolationspegel (Stehspannungen), wie in IEC 60076-3, Abschnitt 3, beschrieben.
- b) bei Transformatoren mit einer angezapften Wicklung folgende Einzelheiten über die Anzapfungen:
 - bei Transformatoren mit einem Anzapfungsbereich kleiner oder gleich $\pm 5\%$: Anzapfungsspannung für alle Anzapfungen der angezapften Wicklung; dies gilt insbesondere für Verteilungstransformatoren;
 - bei Transformatoren mit einem Anzapfungsbereich größer als $\pm 5\%$: eine Tabelle, in der die Anzapfungsspannung, der Anzapfungsstrom und die Anzapfungsleistung für alle Anzapfungen angegeben sind. Zusätzlich sind die Werte der Kurzschlussimpedanz für die Hauptanzapfung und mindestens für die Extremanzapfungen, vorzugsweise in Ohm je Phase bezogen auf eine bestimmte Wicklung, anzugeben.
- c) Übertemperaturen für das Gas oben und für die Wicklungen (falls keine üblichen Werte). Wenn ein Transformator für große Aufstellungshöhen bestimmt ist, dann muss dies gemeinsam entweder mit den verringerten Übertemperaturen bei normalen Umgebungsbedingungen oder mit einer verringerten Belastbarkeit angegeben werden, die zu normalen Übertemperaturen bei großen Aufstellungshöhen führt (Norm-Transformator mit normaler Kühlleistung).
- d) Schaltbild (für Fälle, bei denen die Schaltgruppe nur unvollständige Angaben bezüglich der inneren Schaltung liefert). Wenn die Schaltungen innerhalb des Transformators geändert werden können, ist dies auf einem getrennten Leistungsschild oder auf einem Leistungsschild mit zwei Datensätzen anzugeben. Es ist anzugeben, in welcher Schaltung der Transformator vom Hersteller ausgeliefert wird.

Zusätzlich zum Hauptleistungsschild mit den vorstehend genannten Angaben muss der Transformator auch Schilder mit der Bezeichnung und den Kennwerten der Hilfseinrichtung tragen, die den internationalen Normen für derartige Zubehörteile entsprechen (Durchführungen, Stufenschalter, Stromwandler, besondere Kühleinrichtungen).

10 Kennzeichnung nach der Kühlungsart

Transformatoren sind entsprechend der angewendeten Kühlungsart zu kennzeichnen. Bei gasgefüllten Transformatoren erfolgt diese Kennzeichnung mit einer Kurzbezeichnung aus vier Buchstaben wie folgt:

Erster Buchstabe: inneres Kühlmittel, dass mit der Wicklung in Berührung kommt:

G Isoliergas;

Zweiter Buchstabe: Zirkulationsmechanismus für das innere Kühlmedium:

N natürliche Strömung/Wärmeumlauf durch die Kühleinrichtung und in den Wicklungen;

F erzwungene Zirkulation durch die Kühleinrichtung, Wärmeumlauf in den Wicklungen;

D erzwungene Zirkulation durch die Kühleinrichtung, von der Kühleinrichtung mindestens in die Hauptwicklungen gerichtet.

Dritter Buchstabe: äußeres Kühlmittel:

A Luft;

W Wasser;

Vierter Buchstabe: Zirkulationsmechanismus für das äußere Kühlmittel:

N natürliche Konvektion;

F erzwungene Zirkulation (Ventilatoren, Gebläse, Wasserpumpen).

Ein Transformator darf mit alternativen Kühlverfahren festgelegt werden. Die Spezifikation und das Leistungsschild müssen dann Angaben für die Leistungszahlen enthalten, bei denen der Transformator die Übertemperatureinschränkungen erfüllt, wenn diese Alternativen angewendet werden, siehe n) in 9.1. Die Alternativen werden üblicherweise in aufsteigender Reihenfolge der Kühlleistung aufgeführt.

Beispiel:

GNAN/GDAF. Der Transformator besitzt eine Kühleinrichtung mit Gebläsen und Ventilatoren, ist jedoch auch bei natürlicher Kühlung mit verringerter Leistung festgelegt.

ANMERKUNG Der Prozentsatz der natürlichen Kühlleistung zur erzwungenen Kühlleistung von gasgefüllten Transformatoren ist kleiner als bei ölgefüllten Transformatoren. Es ist im Allgemeinen bei ölgefüllten Transformatoren nicht schwierig, eine ONAN-Leistung wie 50 % der OFAF- oder ODAF-Leistung zu erreichen. Bei gasgefüllten Transformatoren ist es jedoch mitunter schwierig und nicht wirtschaftlich eine GNAN-Leistung wie 50 % der GDAF-Leistung zu erreichen. Dem Käufer wird empfohlen, sich hinsichtlich der natürlichen Kühlleistung zur erzwungenen Kühlleistung vom Hersteller beraten zu lassen.

11 Zulässige Übertemperaturen

11.1 Einteilung und Temperatur von Isoliersystemen

Transformatoren werden nach den in Tabelle 1 angegebenen Isoliersystemen eingeteilt. Die höchste Temperatur, die in einem beliebigen Teil der Wicklung auftritt, darf die Temperatur des Isoliersystems nach Tabelle 1 nicht für eine längere Dauer überschreiten.

Für praktische Zwecke kann ein Näherungswert der Heißpunkttemperatur nach dem Konzept in Anhang B berechnet werden.

Die als Isolierstoff verwendeten Komponenten dürfen unter der Voraussetzung einzeln oder in Kombination benutzt werden, dass deren Temperatur nicht die Werte überschreitet, die für die Temperatur des entsprechenden Isoliersystems angegeben ist.

Tabelle 1 – Einteilung und Temperatur des Isoliersystems

Isoliersystem (siehe Anmerkung)	Temperatur des Isoliersystems °C
Klasse 105	105
Klasse 120	120
Klasse 130	130
Klasse 155	155
Klasse 180	180
Klasse 200	200
Klasse 220	220
Klasse 250	250
ANMERKUNG Die Temperatureinteilungen sind in IEC 60085 angegeben.	

11.2 Übliche zulässige Übertemperaturen

Die Übertemperatur jeder Wicklung des Transformators, die für den Betrieb unter üblichen Betriebsbedingungen ausgelegt ist, darf bei der Prüfung nach Abschnitt 28 nicht den entsprechenden Grenzwert überschreiten, der in Tabelle 2 festgelegt ist.

Die Temperatur des Kerns, metallischer Teile und angrenzender Werkstoffe darf keinen Wert erreichen, der zu einer Beschädigung an einem beliebigen Teil des Transformators führt.

Für die Mehrzahl der Gase ist es nicht notwendig, einen Grenzwert für die Übertemperatur des Gases festzulegen. Wenn es notwendig ist, dann ist eine Vereinbarung zwischen Lieferant und Käufer zu treffen.

Tabelle 2 – Grenzwerte der Übertemperatur der Wicklung

Isoliersystem (siehe Anmerkung 1)	Grenzwerte der mittleren Übertemperatur der Wicklung (K) (siehe Anmerkung 2)
Klasse 105	60
Klasse 120	75
Klasse 130	80
Klasse 155	100
Klasse 180	125
ANMERKUNG 1 Die Temperatureinteilungen sind in IEC 60085 angegeben. ANMERKUNG 2 Messung der Übertemperatur nach Abschnitt 28. ANMERKUNG 3 Der Grenzwert der Übertemperatur eines Transformators mit einem Isoliersystem der Klasse 200 oder höher ist zwischen Lieferant und Käufer zu vereinbaren.	