

	DIN EN 60076-11 (VDE 0532-76-11)	DIN
	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.	VDE
ICS 29.180 Ersatz für DIN EN 60726 (VDE 0532-726):2003-10 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit Leistungstransformatoren – Teil 11: Trockentransformatoren (IEC 60076-11:2004); Deutsche Fassung EN 60076-11:2004 Power transformers – Part 11: Dry-type transformers (IEC 60076-11:2004); German version EN 60076-11:2004 Transformateurs de puissance – Partie 11: Transformateurs de type sec (CEI 60076-11:2004); Version allemande EN 60076-11:2004 Gesamtumfang 39 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2004-07-01 angenommene EN 60076-11 gilt als DIN-Norm ab 2005-04-01.

Daneben darf **DIN EN 60726 (VDE 0532-726):2003-10** noch bis 2007-07-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Zu diesem Dokument wurde ein Kurzverfahren in den DIN-Mitteilungen veröffentlicht.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 321 „Transformatoren“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

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

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2006 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

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

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 60726 (VDE 0532-726):2003-10** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die internationale Norm IEC 60076-11 wurde von CENELEC ohne Änderungen als EN 60076-11 übernommen.
- b) Betriebsbedingungen der Trockentransformatoren wurden erweitert.
- c) Neue Festlegungen für Transformatoren im Gehäuse.
- d) Angaben auf dem Leistungsschild wurden erweitert.
- e) Neue Festlegungen zu Klima- und Umgebungsklassen.
- f) Prüfanforderungen besser festgelegt und an IEC 60076-3 angepasst.

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

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 nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	Reihe IEC 60050	Reihe DIN IEC 60050	–
Reihe EN 60071	Reihe IEC 60071	Reihe DIN EN 60071 (VDE 0111)	Reihe VDE 0111
EN 60076-1:1997 + A1:2000	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 60076-5:2000	IEC 60076-5:2000	DIN EN 60076-5 (VDE 0532-5):2001-11	VDE 0532-5
EN 60076-10:2001	IEC 60076-10:2001	DIN EN 60076-10 (VDE 0532-76-10):2002-04	VDE 0532-76-10
HD 566 S1:1990	IEC 60085:1984	DIN IEC 60085 (VDE 0301-1):1993-03	VDE 0301-1
EN 60270:2001	IEC 60270:2000	DIN EN 60270 (VDE 0434):2001-08	VDE 0434
–	IEC 60332-3-10:2000	–	–
EN 60529:1991 A1:2000	IEC 60529:1989 + A1:1999	DIN EN 60529 (VDE 0470-1):2000-09	VDE 0470-1
–	IEC 60905:1987	–	–
EN 61000-2-4:2002	IEC 61000-2-4:2002	DIN EN 61000-2-4 (VDE 0839-2-4):2003-05	VDE 0839-2-4
EN 61330:1996	IEC 61330:1995	DIN EN 61330 (VDE 0670-611):1997-08	VDE 0670-611
EN 61378-1:1998	IEC 61378-1:1997	DIN EN 61378-1 (VDE 0532-41):1999-09	VDE 0532-41

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

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

DIN EN 60076-1 (VDE 0532-76-1):2003-01, *Leistungstransformatoren – Teil 1: Allgemeines*
(IEC 60076-1/A1:1999); Deutsche Fassung EN 60076-1/A1:2000

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 60076-11 (VDE 0532-76-11):2005-04

DIN EN 60076-5 (VDE 0532-5):2001-11, *Leistungstransformatoren – Teil 5: Kurzschlussfestigkeit* (IEC 60076-5:2000); Deutsche Fassung EN 60076-5:2000

DIN EN 60076-10 (VDE 0532-76-10):2002-04, *Leistungstransformatoren – Teil 10: Bestimmung der Geräuschpegel* (IEC 60076-10:2001); Deutsche Fassung EN 60076-10:2001

DIN EN 60270 (VDE 0434):2001-08, *Hochspannungs-Prüftechnik – Teilentladungsmessungen* (IEC 60270:2000); Deutsche Fassung EN 60270:2001

DIN EN 60529 (VDE 0470-1):2000-09, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)* (IEC 60529:1989 + A1:1999); Deutsche Fassung EN 60529:1991 + A1:2000

DIN EN 61000-2-4 (VDE 0839-2-4):2003-05, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 2-4: Umgebungsbedingungen – Verträglichkeitspegel für niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen in Industrieanlagen* (IEC 61000-2-4:2002); Deutsche Fassung EN 61000-2-4:2002

DIN EN 61330 (VDE 0670-611):1997-08, *Fabrikfertige Stationen für Hochspannung/Niederspannung* (IEC 61330:1995); Deutsche Fassung EN 61330:1996

DIN EN 61378-1 (VDE 0532-41):1999-09, *Stromrichtertransformatoren – Teil 1: Transformatoren für industrielle Anwendungen* (IEC 61378-1:1997); Deutsche Fassung EN 61378-1:1998 + Corrigendum 1998

Reihe DIN IEC 60050, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch*

DIN IEC 60085 (VDE 0301-1):1993-03, *Bewertung und Klassifikation von elektrischen Isolierungen nach ihrem thermischen Verhalten* (Identisch mit IEC 60085:1984); Deutsche Fassung HD 566 S1:1990

Deutsche Fassung

Leistungstransformatoren
Teil 11: Trockentransformatoren
(IEC 60076-11:2004)

Power transformers
Part 11: Dry-type transformers
(IEC 60076-11:2004)

Transformateurs de puissance
Partie 11: Transformateurs de type sec
(CEI 60076-11:2004)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2004-07-01 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, 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

© 2004 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60076-11:2004 D



Documents

Document Sharing Hub

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 14/476/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 60076-11, ausgearbeitet von dem IEC TC 14 „Power transformers“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2004-07-01 als EN 60076-11 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60726:2003.

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): 2005-04-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2007-07-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60076-11:2004 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Betriebsbedingungen.....	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Normale Betriebsbedingungen	7
4.3 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	8
4.4 Bestimmungen für ungewöhnliche Betriebsbedingungen	8
4.5 Transport- und Lagerbedingungen	9
5 Anzapfungen.....	9
6 Schaltungen.....	9
7 Kurzschlussfestigkeit	9
8 Bemessungsdaten	9
8.1 Allgemeines	9
8.2 Bemessungsleistung	9
8.3 Vorzugswerte für die Bemessungsleistung	10
8.4 Betrieb oberhalb der Bemessungsspannung	10
8.5 Betrieb mit Ventilator Kühlung.....	10
8.6 Betrieb in einem Gehäuse	10
9 Leistungsschild	10
9.1 Leistungsschild am Transformator	10
9.2 Leistungsschild am Transformatorgehäuse	11
10 Kennzeichnung nach der Kühlungsart	11
10.1 Kurzzeichen zur Kennzeichnung	11
10.2 Anordnung der Kurzzeichen	11
11 Zulässige Übertemperaturen	11
11.1 Übliche zulässige Übertemperaturen	11
11.2 Herabgesetzte Übertemperaturen für Transformatoren mit hohen Kühllufttemperaturen oder besonderen Bedingungen für die Kühlluft	12
11.3 Korrektur der Übertemperatur in großen Aufstellungshöhen	12
12 Isolationspegel.....	13
12.1 Allgemeines	13
12.2 Transformatoren für große Aufstellungshöhen.....	14
13 Klima-, Umgebungs- und Brandklassen	14
13.1 Klimaklassen.....	14
13.2 Umgebungsklassen	14
13.3 Brandklassen	14

	Seite
13.4 Prüfmerkmale für Klima-, Umgebungs- und Brandklassen	15
14 Allgemeine Bestimmungen für Prüfungen	15
15 Messung des Wicklungswiderstandes (Stückprüfung)	15
16 Messung der Übersetzung und Nachweis der Phasendrehung (Stückprüfung)	16
17 Messung der Kurzschlussimpedanz und der Kurzschlussverluste (Stückprüfung)	16
18 Messung der Leerlaufverluste und des Leerlaufstromes (Stückprüfung)	16
19 Prüfung mit angelegter Stehwechselfspannung (Stückprüfung)	16
20 Prüfung mit induzierter Stehwechselfspannung (Stückprüfung)	16
21 Blitzstoßspannungsprüfung (Typprüfung)	16
22 Teilentladungsmessung (Stück- und Sonderprüfung)	17
22.1 Allgemeines	17
22.2 Grundsätzliche Messschaltung (Normalfall)	17
22.3 Kalibrierung der Messschaltung	17
22.4 Erregerspannung	18
22.5 Zulässige Teilentladungspegel	19
23 Erwärmungsmessung (Typprüfung)	19
23.1 Allgemeines	19
23.2 Belastungsverfahren	19
23.3 Umrechnung der Wicklungsübertemperatur bei verringertem Prüfstrom	22
23.4 Bestimmung des Beharrungszustandes	22
24 Geräuschmessung (Sonderprüfung)	22
25 Nachweis der Kurzschlussfestigkeit (Sonderprüfung)	23
26 Nachweis der Umgebungsklasse (Sonderprüfung)	23
26.1 Allgemeines	23
26.2 Gültigkeit der Prüfung	23
26.3 Prüfverfahren	23
27 Nachweis der Klimaklasse (Sonderprüfung)	24
27.1 Temperaturschockprüfung (Sonderprüfung)	24
27.2 Gültigkeit der Prüfung	24
27.3 Temperaturschockprüfung für Transformatoren der Klasse C1	25
27.4 Temperaturschockprüfung für Transformatoren der Klasse C2	26
28 Prüfung des Brandverhaltens (Sonderprüfung)	26
28.1 Allgemeines	26
28.2 Überprüfung der Abgabe von korrosiven und schädlichen Gasen	26
28.3 Prüfung des Brandverhaltens bei Transformatoren der Klasse F1	27
28.4 Messgrößen und Messeinrichtungen	28
28.5 Kalibrierung der Prüfkammer ohne Prüfling	29
28.6 Prüfverfahren	29
28.7 Prüfbericht	29

	Seite
28.8 Kriterien zur Beurteilung der Prüfergebnisse	30
29 Grenzwabweichungen.....	30
30 Schutz gegen direktes Berühren	30
31 Gehäuseschutzarten	30
32 Erdungsanschluss	30
33 Erforderliche Angaben zu Anfrage und Bestellung	30
Anhang A (informativ) Installation und Sicherheit von Trockentransformatoren	33
A.1 Handbücher	33
A.2 Aufstellung	33
A.2.1 Allgemeines	33
A.2.2 Eigensicherheit	33
A.2.3 Vorkehrungen zur Aufstellung	33
A.2.4 Vorsorgen durch Anlagenplaner.....	34
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	35
 Bild 1 – Grundsätzliche Messschaltung für die Teilentladungsprüfung eines Einphasentransformators	17
Bild 2 – Grundsätzliche Messschaltung für die Teilentladungsprüfung eines Drehstromtransformators.....	18
Bild 3 – Spannungsverlauf bei der Teilentladungs-Stückprüfung.....	18
Bild 4 – Spannungsverlauf bei der Teilentladungs-Sonderprüfung	19
Bild 5 – Einphasiges Beispiel zum Rückarbeitsverfahren	21
Bild 6 – Dreiphasiges Beispiel zum Rückarbeitsverfahren	21
Bild 7 – Prüfkammer	31
Bild 8 – Einzelheiten der Prüfkammer	32
 Tabelle 1 – Kurzzeichen	11
Tabelle 2 – Zulässige Übertemperaturen der Wicklung	12
Tabelle 3 – Isolationspegel auf Basis europäischer Praxis	13
Tabelle 4 – Isolationspegel auf Basis nordamerikanischer Praxis	13
Tabelle 5 – Reihenfolge der Prüfungen	15
Tabelle 6 – Abmessungen der Prüfkammer (siehe Bilder 7 und 8).....	27

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60076 gilt für Trockentransformatoren (einschließlich Spartransformatoren) mit einer höchsten Spannung für Betriebsmittel bis einschließlich 36 kV und mindestens einer Wicklung, die mit mehr als 1,1 kV betrieben wird. Die Norm gilt für alle konstruktiven Ausprägungen.

Diese Norm 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 (siehe IEC 60044 und IEC 60186);
- Anlasstransformatoren;
- Prüftransformatoren;
- Fahrzeugtransformatoren;
- explosionsgeschützte und Bergbautransformatoren;
- Schweißtransformatoren;
- Stelltransformatoren;
- kleine Leistungstransformatoren, bei denen Sicherheit im Vordergrund steht.

Soweit für die oben genannten Transformatoren oder für andere Sondertransformatoren keine IEC-Normen bestehen, darf diese Norm ganz oder teilweise angewendet 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 60050 (all parts), *International electrotechnical vocabulary (IEV)*

IEC 60071 (all parts), *Insulation co-ordination*

IEC 60076-1:1993, *Power transformers – Part 1: General*
Amendment 1 (1999)

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

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

IEC 60085, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

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

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 60905:1987, *Loading guide for dry-type power transformers*

IEC 61330, *High-voltage/low voltage prefabricated substations*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils von IEC 60076 gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Trockentransformator

Transformator, dessen Kern 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 von **IEC 60076-1** sind auf Trockentransformatoren nur insoweit anwendbar, als auf sie in dieser Norm verwiesen wird.

4.2 Normale Betriebsbedingungen

4.2.1 Allgemeines

Soweit nichts anderes festgelegt ist, gelten die Betriebsbedingungen nach 4.2.2 bis 4.2.6. Falls die Notwendigkeit besteht, Transformatoren abweichend von ihren üblichen Betriebsbedingungen zu betreiben, sind in Übereinstimmung mit **11.2** und/oder **11.3** die Bemessungsdaten herabzusetzen.

4.2.2 Aufstellungshöhe

Eine Aufstellungshöhe über N.N., die 1 000 m nicht überschreitet.

4.2.3 Temperatur der Kühlluft

Die Temperatur der Kühlluft überschreitet nicht:

- 40 °C zu keiner Zeit;
- 30 °C im Monatsmittel des heißesten Monats;
- 20 °C im Jahresmittel;

und unterschreitet nicht:

- −25 °C bei Freilufttransformatoren;
- −5 °C bei Innenraumtransformatoren.

Die Monats- und Jahresmittelwerte sind in **3.12 von IEC 60076-1** festgelegt.

4.2.4 Wellenform der Netzspannung

Eine Netzspannung, deren Wellenform annähernd sinusförmig ist.

ANMERKUNG Diese Anforderung ist üblicherweise in öffentlichen Versorgungssystemen unkritisch, aber sie sollte bei Installationen mit nennenswerter Stromrichterbelastung in Betracht gezogen werden. In solchen Fällen gibt es eine konventionelle Regel, dass die Verzerrung weder 5 % des gesamten Oberwellengehalts noch 1 % des geradzahligten Oberwellengehalts überschreiten darf, siehe IEC 61000-2-4. Auch ist die Bedeutung der Stromoberwellen für Kurzschlussverluste und Übertemperaturen zu beachten, siehe IEC 61378-1.

4.2.5 Symmetrie der mehrphasigen Netzspannung

Bei Dreiphasentransformatoren dreiphasige Netzspannungen, die annähernd symmetrisch sind.

4.2.6 Luftfeuchtigkeit

Die relative Feuchte der Umgebungsluft muss geringer als 93 % sein. Auf den Wicklungsoberflächen dürfen keine Wassertropfen sein.

4.3 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

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

4.4 Bestimmungen für ungewöhnliche Betriebsbedingungen

Der Käufer muss in seiner Anfrage jede Betriebsbedingung angeben, die von den normalen Betriebsbedingungen nach 4.2 abweicht. Beispiele für solche Bedingungen sind:

- hohe oder niedrige Umgebungstemperaturen außerhalb der in 4.2.3 beschriebenen Grenzen;
- eingeschränkte Belüftung;
- Aufstellungshöhe jenseits der in 4.2.3 vorgeschriebenen Grenzen;
- schädigende Rauchgase und Dämpfe;
- Dampf;
- Luftfeuchtigkeit jenseits der in 4.2.6 vorgeschriebenen Grenzen;
- Tropfwasser;
- Salznebel;
- übermäßiger und scheuernder Staub;
- hoher Oberwellengehalt des Laststroms;
- Verzerrung der Netzspannungswellenform;
- schnelle transiente Überspannungen über den in 12.1 und Abschnitt 21 vorgeschriebenen Grenzen;
- Art der Schaltung von Kondensatoren zur Anpassung des Leistungsfaktors und zur Begrenzung des Einschaltstromes;
- überlagerter Gleichstrom;
- seismische Beanspruchungen, die in der Konstruktion besondere Überlegungen erfordern können;
- extreme mechanische Stöße und Schwingungen;
- Transport- und Lagerbedingungen, die nicht durch die in 4.5 beschriebenen Normalbedingungen abgedeckt sind.

Festlegungen für Transformatoren für den Betrieb unter solchen abnormalen Bedingungen müssen zwischen Lieferant und Käufer vereinbart werden.