

	Drosselspulen (IEC 289:1988, modifiziert) Deutsche Fassung EN 60289:1994	DIN EN 60289
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.	Klassifikation VDE 0532 Teil 20
ICS 29.180 Reactors (IEC 289:1988, modified); German version EN 60289:1994 Bobines d'inductance (CEI 289 :1988, modifiée); Version allemande EN 60289 :1994 Ersatz für DIN 57 532 Teil 20/ VDE 0532 Teil 20/03.82 und DIN 57 532 Teil 22/ VDE 0532 Teil 22/03.82 Die Europäische Norm EN 60289:1994 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 60289 gilt seit 02. September 1993. Norm-Inhalt war veröffentlicht als Entwurf DIN VDE 0532 Teil 20/11.85 und Entwurf DIN VDE 0532 Teil 20 A1/05.86. Fortsetzung Seite 2 und 38 Seiten EN 60289 Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Nationales Vorwort

Zuständig für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 321 „Transformatoren“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE).

Die Norm enthält die Publikation IEC 289:1988 mit gemeinsamen CENELEC-Abänderungen, die vom Technischen Komitee 14 von CENELEC beschlossen wurden. Diese gemeinsamen Abänderungen sind am linken Rand durch einen senkrechten Strich gekennzeichnet.

Die im Anhang ZA (normativ) aufgeführten Normen entsprechen folgenden Deutschen Normen:

Internationale Publikation	EN / HD	Deutsche Norm
IEC 60-1	–	DIN IEC 60 Teil 1
IEC 60-2	–	
IEC 70	–	–
IEC 76-1 (mod)	HD 398.1 S1	DIN VDE 0532 Teil 1
IEC 76-2 (mod)	HD 398.2 S1	DIN VDE 0532 Teil 2
IEC 76-3 (mod)	HD 398.3 S1	DIN VDE 0532 Teil 3
IEC 76-5 (mod)	HD 398.5 S1 + A1	DIN VDE 0532 Teil 5
IEC 146	–	Normen der Reihe DIN VDE 0558
IEC 551 (mod)	EN 60551	DIN EN 60551 (VDE 0532 Teil 7)
IEC 722	–	DIN VDE 0532 Teil 13
IEC 726 (mod)	HD 464 S1 + A2	DIN VDE 0532 Teil 6
ISO 3	–	DIN 323 Teil 1

Zitierte Normen

- in der Deutschen Fassung:

Siehe Anhang ZA

- in nationalen Zusätzen:

DIN 323 Teil 1	Normzahlen und Normzahlreihen; Hauptwerte, Genauwerte, Rundwerte
DIN EN 60551 (VDE 0532 Teil 7)	Bestimmung der Geräuschpegel von Transformatoren und Drosselspulen (IEC 551:1987, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60551:1992
DIN IEC 60 Teil 1	Hochspannungs-Prüftechnik; Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen (IEC 60-1:1989 + Corrigendum März 1990); Deutsche Fassung HD 588.1 S1:1991
DIN VDE 0532 Teil 1	Transformatoren und Drosselspulen; Allgemeines
DIN VDE 0532 Teil 2	Transformatoren und Drosselspulen; Übertemperaturen
DIN VDE 0532 Teil 3	Transformatoren und Drosselspulen; Isolationspegel und Spannungsprüfungen
DIN VDE 0532 Teil 5	Transformatoren und Drosselspulen; Kurzschlußfestigkeit
DIN VDE 0532 Teil 6	Transformatoren und Drosselspulen; Trockentransformatoren
DIN VDE 0532 Teil 13	Transformatoren und Drosselspulen; Blitz- und Schaltstoßspannungsprüfungen von Transformatoren und Drosselspulen
Normen der Reihe DIN VDE 0558	Halbleiter-Stromrichter

Frühere Ausgaben

DIN 57532 Teil 20/VDE 0532 Teil 20: 03.82

DIN 57532 Teil 22/VDE 0532 Teil 22: 03.82

Änderungen

Gegenüber DIN 57532 Teil 20/VDE 0532 Teil 20/03.82 und DIN 57532 Teil 22/VDE 0532 Teil 22/03.82 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

EN 60289 übernommen, Norm vollständig überarbeitet.

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 60289

Februar 1994

DK 621.314.228.1

Ersatz für HD 539 S2:1992

Deskriptoren: Drosselspule, Begriff, Leistungsschild, Isolationspegel, Übertemperatur, Prüfung, Messung

Deutsche Fassung

Drosselspulen

(IEC 289:1988, modifiziert)

Reactors
(IEC 289:1988, modified)

Bobines d'inductance
(CEI 289:1988, modifiée)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1993-09-22 angenommen.

Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen diese Europäische 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, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Seite 2
EN 60289:1994

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm IEC 289:1988, ausgearbeitet von dem IEC TC 14, Power transformers, zusammen mit vom Technischen Komitee CENELEC TC 14, Transformatoren, ausgearbeiteten gemeinsamen Abänderungen wurde von CENELEC am 1992-03-24 als HD 539 S2 genehmigt.

Auf Antrag des TC 14 wurde dieses Harmonisierungsdokument der formellen Abstimmung zur Umwandlung in eine EN unterworfen.

Der Text von IEC 289:1988 zusammen mit den für HD 539 S2 angenommenen gemeinsamen Abänderungen und einigen redaktionellen Abänderungen wurde von CENELEC am 1993-09-22 als EN 60289 angenommen.

Nachstehendes Datum wurde festgelegt:

- spätestes Datum der Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm (dop): 1994-07-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt. In dieser Norm ist Anhang ZA normativ.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 289:1988 wurde von CENELEC als Europäische Norm genehmigt mit vereinbarten gemeinsamen Abänderungen, die in den Normtext eingearbeitet und durch einen senkrechten Strich am linken Rand gekennzeichnet sind.

Inhalt

	Seite
Hauptabschnitt eins – Allgemeines	5
1 Anwendungsbereich	5
2 Begriffe	5
Hauptabschnitt zwei – Kompensationsdrosselspulen	6
3 Allgemeines	6
4 Begriffe	7
5 Bemessungsdaten	8
6 Isolationspegel	8
7 Leistungsschilder	8
8 Prüfungen	8
9 Grenzabweichungen	11
Hauptabschnitt drei – Strombegrenzungsdrosselspulen und Sternpunktterdungsdrosselspulen . . .	12
10 Allgemeines	12
11 Begriffe	13
12 Bemessungsdaten	13
13 Isolationspegel	14
14 Kurzzeitstrom-Festigkeit	14
15 Übertemperatur	14
16 Leistungsschilder	15
17 Prüfungen	15
18 Grenzabweichungen	18
Hauptabschnitt vier – Dämpfungsdrosselspulen	18
19 Allgemeines	18
20 Begriffe	19
21 Bemessungsdaten	19
22 Isolationspegel	19
23 Übertemperatur	19
24 Leistungsschilder	19
25 Prüfungen	20
26 Grenzabweichungen	20
Hauptabschnitt fünf – Abstimm-(Filterkreis-)spulen	20
27 Allgemeines	20
28 Begriffe	21
29 Bemessungsdaten	21
30 Leistungsschilder	22
31 Prüfungen	22
32 Grenzabweichungen	23
Hauptabschnitt sechs – Erdungstransformatoren (Sternpunktbildner)	23
33 Vorbemerkung	23
34 Allgemeines	24
35 Begriffe	24
36 Bemessungsdaten	24
37 Festigkeit gegen den Bemessungs-Sternpunktstrom	25
38 Übertemperatur	25
39 Isolationspegel	25
40 Leistungsschilder	25
41 Prüfungen	25
42 Grenzabweichungen	27

Hauptabschnitt sieben – Erdschlußlöschspulen	27
43 Allgemeines	27
44 Begriffe	27
45 Bemessungsdaten	27
46 Einstellbereich	28
47 Wicklungsübertemperatur	28
48 Isolationspegel	28
49 Leistungsschilder	28
50 Prüfungen	29
51 Grenzabweichungen	30
Hauptabschnitt acht – Glättungsdrösselspulen	30
52 Allgemeines	30
53 Begriffe	30
54 Bemessungsdaten	31
55 Isolationspegel	31
56 Übertemperatur	31
57 Leistungsschilder	31
58 Prüfungen	32
59 Grenzabweichungen	34
Anhang ZA (normativ)	
Andere in dieser Norm zitierte internationale Publikationen mit den Verweisungen auf die entsprechenden europäischen Publikationen	38

Hauptabschnitt eins – Allgemeines

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für folgende Arten von Drosselspulen:

- Kompensationsdrosselspulen
- Strombegrenzungsdrosselspulen einschließlich Sternpunkterdungsdrosselspulen
- Dämpfungsdrosselspulen
- Abstimm-(Filterkreis-)spulen
- Erdungstransformatoren (Sternpunktbildner)
- Erdschlußlöschspulen
- Glättungsdrosselspulen

mit Ausnahme folgender Drosselspulen:

- kleine Drosselspulen mit einer Leistung im allgemeinen unter 2 kvar einphasig und 10 kvar dreiphasig
- Drosselspulen für besondere Anwendungsfälle, wie z. B. HF-Sperrkreise oder Drosselspulen auf Fahrzeugen.

Sofern keine IEC-Normen für die obenerwähnten kleinen Drosselspulen oder Sonderausführungen bestehen, darf die vorliegende Norm ganz oder teilweise Anwendung finden.

Wo auf bestimmte Abschnitte der verschiedenen Teile von IEC 76 „Transformatoren“ verwiesen wird, ist das so zu verstehen, daß auf die gültigen Fassungen des CENELEC HD 398 Bezug genommen wird.

2 Begriffe

Die in diesem Abschnitt angegebenen Begriffe betreffen die Drosselspulen-Kategorien, die in den Hauptabschnitten zwei bis acht dieser Norm behandelt werden.

Weitere Begriffe sind in jenen Abschnitten der Bestimmung angegeben, die typisch für die besondere Kategorie sind oder denen eine besondere Bedeutung im Zusammenhang mit jener Kategorie zukommt.

Wenn solche Begriffe in dieser Norm nicht angegeben sind, haben die verwendeten Fachausdrücke die in IEC 76 festgelegte Bedeutung.

Weitere Begriffe von mehr allgemeiner Art sind im Internationalen Elektrotechnischen Wörterbuch (IEV) definiert.

Häufig wird auch Bezug genommen auf technische Bestimmungen in IEC 76 und anderen verwandten Publikationen, die Transformatoren und die Prüfung von Transformatoren betreffen. Die Fachsprache dieser Publikationen wurde beibehalten, obwohl sie genaugenommen keine Bedeutung im Zusammenhang mit Drosselspulen haben kann.

Den Abschnitten über die Prüfungen sollte im Hinblick auf Amplituden, Dauern, Prüffolgen, Messungen und Auswertung, soweit zutreffend, gefolgt werden, selbst wenn angegebene Prüfschaltungen eventuell nicht anwendbar sind. So ist z. B. die „Prüfung mit induzierter Überspannung“ eine Prüfung an einer Drosselspule, bei der entlang der Wicklung eine Prüfspannung anliegt, obwohl sie nicht von einer anderen Wicklung „induziert“ ist, sondern stets direkt vom Prüfgenerator aufgebracht wird.

2.1 Drosselspulenarten

2.1.1 Kompensationsdrosselspule

Drosselspule, die parallel zu einem Netz geschaltet wird, um den kapazitiven Strom zu kompensieren.

2.1.2 Strombegrenzungsdrosselspule

Drosselspule, die mit einem Netz in Reihe geschaltet wird, um den Strom bei Fehlern im Netz zu begrenzen.

2.1.3 Sternpunkterdungsdrosselspule

Einphasen-Drosselspule, die zwischen den Netzsternpunkt und Erde geschaltet wird, um bei Fehlern im Netz den Erdkurzschlußstrom auf einen zulässigen Wert zu begrenzen.

2.1.4 Dämpfungsdrosselspule

Drosselspule, die mit Kondensatoren in Reihe geschaltet wird, um den Einschaltstromstoß zu begrenzen.

2.1.5 Abstimm-(Filterkreis-)spule

Drosselspule, die in Reihe mit oder parallel zu Kondensatoren geschaltet wird, um Oberschwingungen oder Tonfrequenzschwingungen zu verringern, zu sperren oder auszufiltern.

2.1.6 Erdungstransformator (Sternpunktbildner)

Drehstrom-Transformator oder -Drosselspule, der (die) parallel zu einem Netz geschaltet wird, um einen Sternpunkt zu bilden.

ANMERKUNG: Erdungstransformatoren können zusätzlich ein örtliches Hilfsnetz versorgen.

2.1.7 Erdschlußlöschspule

Einphasen-Drosselspule, die zwischen den Netzsternpunkt und Erde geschaltet wird, um bei einem einpoligen Erdschluß den kapazitiven Strom zwischen Leiter und Erde im wesentlichen zu kompensieren (Netz mit Resonanzerdung).

2.1.8 Glättungsdrosselspule

Drosselspule, die zur Verringerung von Oberschwingungsströmen und kurzzeitigen Überströmen in Gleichstromnetzen dient.

2.2 Magnetisierungskennlinie

Die Abhängigkeit des Scheitelwertes des mit der Wicklung der Drosselspule verketteten magnetischen Flusses vom Scheitelwert des Stromes.

2.2.1 Nichtlinearität

Die Nichtlinearität einer Drosselspule bei einer festgelegten angelegten Spannung ist vereinbarungsgemäß definiert als die relative Differenz zwischen dem tatsächlichen Scheitelwert des Stromes und einem Wert, der linear zur Spannung, ausgehend von dem Scheitelwert des Stromes bei Bemessungsspannung, umgerechnet ist. Für diesen Zweck wird die Spannung mit einem Spannungsmeßgerät bestimmt, der den arithmetischen Mittelwert mißt, aber den Effektivwert einer Sinusspannung mit gleichem arithmetischen Mittelwert anzeigt.

ANMERKUNG: Die Abweichung wird üblicherweise in Prozent, bezogen auf den linear umgerechneten Stromwert, angegeben.

2.3 Betriebsbedingungen

Soweit zutreffend, sind für Drosselspulen die „Normalen Betriebsbedingungen“ und die „Berücksichtigung abweichender Betriebsbedingungen“ die gleichen, wie sie für Transformatoren (IEC 76-1, Abschnitt 2) festgelegt sind.

In bestimmten Ländern kann die Umgebungstemperatur zeitweilig $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ betragen, und es dürfen sogar noch niedrigere Grenzwerte vereinbart werden.

Hauptabschnitt zwei – Kompensationsdrosselspulen**3 Allgemeines****3.1 Anwendungsbereich**

Drosselspulen, die parallel zu einem Netz geschaltet werden, um den kapazitiven Strom zu kompensieren.

ANMERKUNG: Die aufgenommene Blindleistung bei Bemessungsspannung kann konstant sein oder durch zusätzliche Einrichtungen verändert werden:

- a) Die Veränderung kann z. B. durch Anschnittsteuerung mittels Thyristoren (statischer Blindleistungserzeuger) oder durch Gleichstromvormagnetisierung des Eisenkerns erreicht werden.
- b) Die Veränderung kann durch Wicklungsanzapfungen erreicht werden, die durch einen Umsteller oder Stufenschalter einstellbar sind.

3.2 Ausführung

Hinsichtlich Ausführung und Aufstellung ist die Drosselspule gekennzeichnet als:

- ein- oder dreiphasig
- Trocken- oder Öltyp
- ohne Eisenkern oder mit Eisenkern mit Luftspalten
- mit oder ohne magnetische Abschirmung
- für Innenraum- oder Freiluftaufstellung
- mit fester oder veränderlicher Reaktanz
- mit zusätzlicher Leistungswicklung

3.3 Magnetisierungskennlinie

Die Kenntnis der vollständigen Magnetisierungskennlinie, wie in Bild 1b und 1c dargestellt, kann erforderlich sein:

- um einen normalen Arbeitsbereich festzulegen

- zur Untersuchung der Verhältnisse bei Überspannungen
- zur Nachbildung der Drosselspule bei Netzuntersuchungen

Auf Anforderung sollte Auskunft über die Magnetisierungskennlinie gegeben werden.

Im Hinblick auf ihre vollständige Magnetisierungskennlinie ist die Drosselspule gekennzeichnet als

- linear (Bild 1a)
- nichtlinear (Bild 1b)
- gesättigt (Bild 1c)

Die Drosselspulen mit nichtlinearer Magnetisierungskennlinie haben ihren normalen Arbeitsbereich im linearen Teil der in Bild 2 gezeigten Kennlinie. Der Knickpunkt und die Steigung im gesättigten Teil dürfen zwischen Käufer und Hersteller vereinbart werden. Sie können durch Messung oder Rechnung bestimmt werden.

4 Begriffe

4.1 Bemessungsspannung U_N

Die Spannung bei Bemessungsfrequenz, die zwischen den Leiteranschlüssen einer Wicklung einer Drehstrom-Drosselspule oder zwischen den Anschlüssen einer Wicklung einer Einphasen-Drosselspule anzulegen ist.

Die Bemessungsspannung U_N bildet eine Grundlage für die Auslegung, die verbindlich angegebenen Werte des Herstellers und die Prüfungen.

ANMERKUNG: Bei Einphasen-Drosselspulen für eine Drehstrombank wird die Bemessungsspannung einer einzelnen Einheit, die in Stern geschaltet werden soll, als Bruch angegeben, dessen Zähler die Leiter-Leiter-Spannung und dessen Nenner $\sqrt{3}$ ist, z. B.:

$$U_N = \frac{525}{\sqrt{3}} \text{ kV}$$

4.2 Maximale Betriebsspannung $U_{\max}$

Die höchste Spannung bei Bemessungsfrequenz, bei der ein Dauerbetrieb der Drosselspule ohne Überschreitung der festgelegten Übertemperaturen möglich sein muß.

ANMERKUNG 1: Es kann festgelegt werden, daß die Bemessungsspannung mit der maximalen Betriebsspannung identisch ist.

ANMERKUNG 2: Maximale Betriebsspannung und Bemessungsspannung sind vom Käufer anzugeben.

4.3 Bemessungsleistung Q_N

Die induktive Blindleistung, die für den Betrieb mit Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz festgelegt ist.

4.4 Bemessungsstrom I_N

Der Leiterstrom der Drosselspule, hergeleitet aus Bemessungsleistung und Bemessungsspannung.

ANMERKUNG: Bei Einphasen-Drosselspulen für eine Drehstrombank wird der Bemessungsstrom einer einzelnen Einheit, die in Dreieck geschaltet werden soll, als Bruch angegeben, dessen Zähler der entsprechende Leiterstrom und dessen Nenner $\sqrt{3}$ ist, z. B.:

$$I_N = \frac{500}{\sqrt{3}} \text{ A}$$

4.5 Bemessungsreaktanz X_N

Die Reaktanz (in Ohm je Phase bei Bemessungsfrequenz), die bei Bemessungsspannung festgelegt ist.

4.6 Nullreaktanz X_0 (einer Drehstrom-Drosselspule)

Die Reaktanz je Phase bei Bemessungsfrequenz, die gleich dem dreifachen Wert ist, der zwischen den miteinander verbundenen Leiteranschlüssen einer in Stern geschalteten Drehstromwicklung und ihrem Sternpunktanschluß gemessen wird.

4.7 Gegenreaktanz X_M (einer Drehstrom-Drosselspule)

Das Verhältnis zwischen der in einem offenen Wicklungsstrang induzierten Spannung und dem Strom in einem erregten Wicklungsstrang (in Ohm je Phase bei Bemessungsfrequenz) (siehe Bild 3).

Die Gegenreaktanz wird zweckmäßig als Verhältniszahl zur Bemessungsreaktanz angegeben.

ANMERKUNG 1: Die Gegenreaktanz wird auch durch den Kopplungsfaktor ausgedrückt, der als $k = 100 X_M/X_N$ definiert ist.

ANMERKUNG 2: Für Netzuntersuchungen sollte beachtet werden, daß die Gegenreaktanz im allgemeinen vernachlässigbar ist bei:

- a) einer Bank aus drei getrennten Einphasen-Öldrosselspulen,
- b) einer Bank aus drei einzelnen eisenlosen (Trocken-)Drosselspulen, die Seite an Seite aufgestellt sind,
- c) einer Drehstrom-Drosselspule, die einen durchgehenden magnetischen Eisenpfad für den Fluß des Nullsystems hat.

5 Bemessungsdaten

Die Bemessungsdaten einer Kompensationsdrosselspule beziehen sich auf den Dauerbetrieb, sofern nicht anders festgelegt.

Bei Drosselspulen, die in einem statischen Blindleistungserzeuger mit anschnittgesteuertem Strom eingesetzt werden, beziehen sich die verbindlich angegebenen Werte auf den sinusförmigen Vollaststrom, sofern nicht anders festgelegt.

6 Isolationspegel

Für die Festlegung des Isolationspegels siehe IEC 76-3.

7 Leistungsschilder

Jede Drosselspule muß an gut sichtbarer Stelle ein Leistungsschild in wetterfester Ausführung haben, das die nachstehenden Angaben enthält. Die Eintragungen auf dem Leistungsschild müssen unlöschar vorgenommen werden (z. B. durch Ätzen, Gravieren oder Prägen).

7.1 Angaben, die in allen Fällen zu machen sind

Typ der Drosselspule
 Freiluft-/Innenraumaufstellung
 Nummer dieser Norm
 Name des Herstellers
 Fertigungsnummer des Herstellers
 Baujahr
 Phasenanzahl
 Bemessungsleistung
 Bemessungsfrequenz
 Bemessungsspannung
 Bemessungsstrom
 Maximale Betriebsspannung
 Isolationspegel
 Wicklungsschaltung
 Reaktanz bei Bemessungsspannung (Meßwert)
 Kühlungsart
 Gesamtgewicht
 Ölgewicht

7.2 Zusätzliche Angaben für bestimmte Fälle

Thermische Klasse der Isolierung (nur bei Trockendrosselspulen)
 Übertemperatur (falls kein normaler Wert)
 Transportgewicht (für Drosselspulen mit über 5 t Gesamtgewicht)
 Gewicht des heraushebbaren Teils (für Drosselspulen mit über 5 t Gesamtgewicht)
 Art der Isolierflüssigkeit, falls kein Mineralöl
 Einzelheiten bezüglich Anzapfungen, sofern vorhanden
 Nullreaktanz
 Gegenreaktanz

8 Prüfungen

8.1 Allgemeine Anforderungen für Stück-, Typ- und Sonderprüfungen

Siehe IEC 76-1, Abschnitt 8.1.

Die Prüfungen müssen an der im wesentlichen wie im Betrieb aufgebauten Drosselspule durchgeführt werden unter Berücksichtigung der Merkmale, die die Prüfergebnisse beeinflussen.

8.2 Stückprüfungen

- a) Messung des Wicklungswiderstandes (Abschnitt 8.5)
- b) Messung der Reaktanz (Abschnitt 8.6)
- c) Verlustmessung (Abschnitt 8.7)
- d) Spannungsprüfungen (Abschnitt 8.11)
- e) Messung der Übersetzung und der Kurzschlußimpedanz bei Kompensationsdrosselspulen mit zusätzlicher Leistungswicklung

8.3 Typprüfungen

- a) Erwärmungsmessung (Abschnitt 8.15)
- b) Spannungsprüfungen (Abschnitt 8.11)

8.4 Sonderprüfungen

- a) Messung der Nullreaktanz an Drehstrom-Drosselspulen mit linearer und nichtlinearer Kennlinie (Abschnitt 8.9)
- b) Messung der Gegenreaktanz an Drehstrom-Drosselspulen (Abschnitt 8.10)
- c) Messung des Geräuschpegels (Abschnitt 8.13)
- d) Schwingungsmessung (Abschnitt 8.14)
- e) Messung der Oberschwingungen des Stromes (Abschnitt 8.8)
- f) Messung des Eigenverbrauchs der Ventilatoren und Ölpumpen, sofern vorhanden
- g) Messung der Magnetisierungskennlinie (Abschnitt 8.12)

8.5 Messung des Wicklungswiderstandes

Siehe IEC 76-1, Abschnitt 8.2.

8.6 Ermittlung der Reaktanz

- a) Die Reaktanz von Einphasendrosselspulen ist bestimmt als das Verhältnis von Bemessungsspannung zum bei Bemessungsspannung gemessenen Strom (Effektivwert), wobei vorausgesetzt wird, daß der ohmsche Anteil der Impedanz vernachlässigbar ist.
- b) Die Reaktanz muß bei Bemessungsfrequenz durch Anlegen einer annähernd sinusförmigen Spannung ermittelt werden (siehe IEC 60-1:1989, Abschnitt 16.1).
- c) Die Messungen an Drosselspulen, die weder einen Eisenkern mit Luftspalten noch eine magnetische Abschirmung haben, dürfen bei einer Spannung zwischen 10 % und 100 % der Bemessungsspannung durchgeführt werden.
- d) Die Messungen an Drosselspulen, die einen Eisenkern mit Luftspalten oder eine magnetische Abschirmung haben, müssen bei Bemessungsspannung durchgeführt werden. In Ausnahmefällen, z. B. bei besonders großer Bemessungsleistung und hoher Netzspannung, kann es schwierig sein, diese Prüfbedingungen einzuhalten. Bei Drosselspulen mit linearer und nichtlinearer Kennlinie ist eine Extrapolation von etwa 10 % erlaubt, d.h., die Prüfspannung muß in allen Fällen $0,9 U_N$ übersteigen.
- e) Die Reaktanz von Drehstrom-Drosselspulen ist mit symmetrischen dreiphasigen Spannungen zu messen, die an die Anschlüsse der Drosselspule angelegt werden.

Für die Reaktanz gilt:

$$\frac{\text{angelegte Leiter-Leiter-Spannung}}{\text{arithmetischer Mittelwert der gemessenen Leiterströme} \times \sqrt{3}}$$

An Drehstrom-Drosselspulen mit magnetischem Eisenpfad für den Fluß des Nullsystems darf die Reaktanzmessung auch mit einphasiger Erregung durchgeführt werden.

ANMERKUNG: Wenn die Prüfeinrichtung keine zufriedenstellende Prüfung zuläßt, darf sie nach Vereinbarung zwischen Käufer und Hersteller am Aufstellungsort vorgenommen werden.

8.7 Verlustmessung

Die Verluste müssen bei Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz gemessen werden. Für diesen Zweck muß die Spannung mit einem Spannungsmeßgerät bestimmt werden, der den arithmetischen Mittelwert, aber den Effektivwert mit gleichem arithmetischem Mittelwert anzeigt.

In Ausnahmefällen, z. B. bei besonders großer Bemessungsleistung und hoher Netzspannung, kann es schwierig sein, diese Prüfbedingung zu erfüllen. In diesen Fällen sind die Verluste bei Bemessungsspannung durch Multiplikation der gemessenen Verluste mit dem Quadrat des Verhältnisses von Bemessungsstrom zu dem bei vermindelter Spannung gemessenen Strom zu ermitteln.

Das Verfahren der Verlustbestimmung unterliegt der Vereinbarung zwischen Käufer und Hersteller; ein zufriedenstellender dokumentarischer Nachweis über Genauigkeit und Zuverlässigkeit des vorgeschlagenen Verfahrens ist vorzulegen.

Da der Leistungsfaktor einer Kompensationsdrosselspule gewöhnlich sehr klein ist, kann die Verlustmessung mit den üblichen Wattmeter-Verfahren beträchtlichen Fehlern unterliegen.

Die Anwendung eines Brückenverfahrens kann vorteilhaft sein. In Sonderfällen kann auch ein kalorimetrisches Verfahren angewandt werden.

Die Verluste in den verschiedenen Teilen der Drosselspule (I^2R -Verluste, Eisenverluste und Zusatzverluste) lassen sich meßtechnisch nicht trennen. Es ist deshalb zur Vermeidung von Umrechnungen auf die Bezugstemperatur zweckmäßig, die Messung vorzunehmen, wenn die mittlere Wicklungstemperatur der Bezugstemperatur praktisch gleich ist.

Ist dies nicht durchführbar, sind die Zusatz- und Eisenverluste als temperaturunabhängig zu betrachten.

Sind mehrere Einheiten zu prüfen, empfiehlt es sich, die Einheit, an der eine Verlustmessung als Typprüfung etwa bei Bezugstemperatur durchgeführt wurde, auch bei Umgebungstemperatur zu messen, um so einen Temperaturfaktor für die Gesamtverluste festzulegen (dabei wird lineare Änderung vorausgesetzt). Die restlichen Einheiten werden dann nur bei Umgebungstemperatur gemessen und ihre Verluste mit dem an der typgeprüften Einheit gewonnenen Temperaturfaktor auf die Bezugstemperatur umgerechnet.

Weicht der bei Bemessungsspannung gemessene Strom vom Bemessungsstrom ab, dann sind die gemessenen Verluste mit dem Quadrat des Verhältnisses von Bemessungsstrom zu gemessenem Strom zu multiplizieren.

ANMERKUNG: Siehe Anmerkung zu Abschnitt 8.6.

8.8 Messung der Oberschwingungen des Stromes

Diese Messung findet Anwendung bei Drosselspulen mit gesättigter Magnetisierungskennlinie (siehe Bild 1c). Die Oberschwingungen der Ströme in allen drei Phasen werden bei Bemessungsspannung mit einem Oberschwingungs-Analysator gemessen, und die Größe der jeweiligen Oberschwingungen wird in Prozenten der Grundschwingung ausgedrückt.

Gleichzeitig sind die Oberschwingungen der angelegten Spannung entsprechend zu messen.

ANMERKUNG: Diese Prüfung ist nur durchführbar, wenn der Verzerrungsfaktor der angelegten Spannung kleiner als 2 % ist (siehe IEC 60-1:1989, Abschnitt 16.1).

8.9 Messung der Nullreaktanz von Drehstrom-Drosselspulen mit linearer und nichtlinearer Kennlinie

Siehe IEC 76-1, Abschnitt 8.7.

Diese Messung ist mit einer Spannung durchzuführen, die einem Sternpunktstrom entspricht, der den Bemessungs-Strangstrom nicht übersteigt.

8.10 Messung der Gegenreaktanz von Drehstrom-Drosselspulen

Die Messung ist vorzugsweise bei Bemessungsspannung nach Bild 3 durchzuführen.

ANMERKUNG: Es sollte darauf geachtet werden, daß keine Spannungen durch Ströme in Verbindungsleitern induziert werden. Einzelheiten, die im Abschnitt 17.5 zu diesem Thema für Strombegrenzungsdrosselspulen angegeben sind, gelten ebenfalls.

8.11 Spannungsprüfungen

Die Anwendung der verschiedenen Spannungsprüfungen auf Kompensationsdrosselspulen folgt im allgemeinen den entsprechenden Grundsätzen für Transformatoren in IEC 76-3, IEC 722 und IEC 726.

8.11.1 Prüfung mit angelegter Steh-Wechselspannung (Stückprüfung)

Siehe IEC 76-3, Abschnitt 10.

8.11.2 Prüfung mit induzierter Steh-Wechselspannung (Stückprüfung)

Die Prüfung mit induzierter Steh-Wechselspannung wird in allgemeiner Übereinstimmung mit IEC 76-3, Abschnitt 11, ausgeführt, sofern nicht nachstehend anders angegeben.

Wenn die Drosselspule gleichmäßig isoliert ist, gilt Abschnitt 11.2.

Ist die Drosselspule abgestuft isoliert, gilt entweder Abschnitt 11.3 oder Abschnitt 11.4, abhängig von der Prüfspannung und den verfügbaren Prüfeinrichtungen.

Die Prüfung nach Abschnitt 11.4 ist die einzige Alternative bei $U_m \geq 245$ kV, sie darf aber nach Vereinbarung zwischen Käufer und Hersteller ebenso bei niedrigeren Spannungen angewandt werden. Wenn die Prüfung nach Abschnitt 11.4 Anwendung findet, ist sie folgendermaßen abzuwandeln:

Die Teilentladungsmessung muß mit einer Prüfspannung $U_2 = 1,5 U_m/\sqrt{3}$ durchgeführt werden, das kurzzeitige Anlegen der erhöhten Prüfspannung U_1 entfällt.