

	Drosselspulen (IEC 60289:1988, modifiziert) Deutsche Fassung EN 60289:1994 + A11:2002	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 bekannt gegeben worden.	Klassifikation VDE 0532 Teil 289
ICS 29.180 Reactors (IEC 60289:1988, modified) German version EN 60289:1994 + A11:2002 Bobines d'inductance (CEI 60289:1988, modifiée) Version allemande EN 60289:1994 + A11:2002 Die Europäische Norm EN 60289:1994, zusammen mit der eingearbeiteten Änderung A11:2002, hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 60289 wurde am 1993-09-22 angenommen. Die Änderung A11 wurde 2002-02-01 angenommen. Daneben darf DIN EN 60289 (VDE 0532 Teil 20):1994-05 noch bis 2005-02-01 angewendet werden. Nationales Vorwort Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 321 „Transformatoren“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig. Diese Norm enthält die Deutsche Fassung EN 60289:1994 „Drosselspulen“ und die Änderung A11:2002, in die die Internationale Norm IEC 60289:1988 mit gemeinsamen Abänderungen unverändert übernommen wurde. Die gemeinsamen Abänderungen von CENELEC wurden in diese Norm eingearbeitet und sind am Rand durch eine senkrechte Linie gekennzeichnet. Die Änderung A11 wurde eingearbeitet und ist am Rand durch eine senkrechte Linie und die Ziffer 1 gekennzeichnet. Mit dieser konsolidierten Fassung der DIN EN 60289 wurde in Anlehnung an die Benummerung der EN die Klassifikation in VDE 0532 Teil 289 geändert. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN EN 60289/AA (VDE 0532 Teil 20/A1):2001-11. Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 14 „Power transformers“ erarbeitet. Fortsetzung Seite 2 bis 3 und 51 Seiten EN DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 60289 (VDE 0532 Teil 20):1994-05** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Änderung A11 eingearbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 57532-20 (VDE 0532 Teil 20):1982-03

DIN 57289-22 (VDE 0532 Teil 22):1982-03

DIN EN 60289 (VDE 0532 Teil 20):1994-05

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.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 588 S1:1991	IEC 60060-2:1973 wurde ersetzt durch: IEC 60060-1:1989	DIN IEC 60060-1	–
–	IEC 60070:1967 zurückgezogen	–	–
EN 60076-1:1997 + A1:2000 + A12:2000	IEC 60076-1:1993 (mod) + A1:1999	DIN EN 60076-1 (VDE 0532 Teil 76-1):2003-01	VDE 0532 Teil 76-1
EN 60076-2:1997	IEC 60076-2:1993	DIN EN 60076-2 (VDE 0532 Teil 102):1997-12	VDE 0532 Teil 102
EN 60076-3:2001	IEC 60076-3:2000 + Corr. 2000	DIN EN 60076-3 (VDE 0532 Teil 3):2001-11	VDE 0532 Teil 3
EN 60076-5:2000	IEC 60076-5:2000	DIN EN 60076-5 (VDE 0532 Teil 5):2001-11	VDE 0532 Teil 5
Normen der Reihe EN 60146	Normen der Reihe IEC 60146	Normen der Reihe DIN EN 60146 (VDE 0558)	Normen der Reihe VDE 0558

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60551:1992 + A1:1997	IEC 60551:1987 (mod) + A1:1995 (mod)	DIN EN 60551 (VDE 0532 Teil 7):1993-11 DIN EN 60551/A1 (VDE 0532 Teil 7/A1):1998-02	VDE 0532 Teil 7 VDE 0532 Teil 7/A1
–	IEC 60722:1982	DIN 57532-13 (VDE 0532 Teil 13):1984-07	VDE 0532 Teil 13
HD 464 S1 + A4:1995	IEC 60726:1982 (mod)	DIN VDE 0532-6 (VDE 0532 Teil 6):1994-01 DIN VDE 0532-6/A1 (VDE 0532 Teil 6/A1):1996-01	VDE 0532 Teil 6 VDE 0532 Teil 6/A1
–	ISO 3	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

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

DIN EN 60076-2 (VDE 0532 Teil 102), Leistungstransformatoren – Übertemperaturen (IEC 60076-2:1003, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60076-2:1997.

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

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

DIN EN 60076-6 (VDE 0532 Teil 6), Trockentransformatoren und Drosselspulen – Trockentransformatoren.

DIN EN 60076-6/A1 (VDE 0532 Teil 6/A1), Trockentransformatoren und Drosselspulen – Trockentransformatoren; Änderung 1; Deutsche Fassung HD 464 S1:1988/A4:1995.

DIN EN 60076-7 (VDE 0532 Teil 7), Bestimmung der Geräuschpegel von Transformatoren und Drosselspulen (IEC 60551:1987, mod.); Deutsche Fassung EN 60551:1992.

DIN EN 60076-7/A1 (VDE 0532 Teil 7/A1), Bestimmung der Geräuschpegel von Transformatoren und Drosselspulen (IEC 60551:1987/A1:1995, mod.); Deutsche Fassung EN 60551/A1:1997.

DIN 57532-13 (VDE 0532 Teil 13), Transformatoren und Drosselspulen – Blitz- und Schaltstoßspannungsprüfungen von Transformatoren und Drosselspulen.

Normen der Reihe DIN EN 60146 (VDE 0558), Halbleiter-Stromrichter – Allgemeine Anforderungen und netzgeführte Stromrichter – Festlegungen der Grundanforderungen (Normen der Reihe IEC 60146); Deutsche Fassung EN 60146.

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Drosselspulen
(Einschließlich Änderung A11:2002)
(IEC 60289:1988, modifiziert)

Reactors
(Includes Amendment A11:2002)
(IEC 60289:1988, modified)

Bobines d'inductance
(Inclut l'amendement A11:2002)
(CEI 60289:1988, modifiée)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1993-09-22 und die A11 am 2002-02-01 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, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn 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
Vorwort	5
Vorwort der Änderung A11	5
Hauptabschnitt eins – Allgemeines	6
1 Anwendungsbereich	6
2 Begriffe	6
Z1 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	8
Hauptabschnitt zwei – Kompensationsdrosselspulen	8
3 Allgemeines	8
4 Begriffe	9
5 Bemessungsdaten	10
6 Isolationspegel	10
7 Leistungsschilder	10
8 Prüfungen	11
9 Grenzübergänge	15
Hauptabschnitt drei – Strombegrenzungsdrosselspulen und Sternpunktterdungs-drosselspulen	16
10 Allgemeines	16
11 Begriffe	16
12 Bemessungsdaten	17
13 Isolationspegel	18
14 Kurzzeitstrom-Festigkeit	19
15 Übertemperatur	19
16 Leistungsschilder	19
17 Prüfungen	20
18 Grenzübergänge	23
Hauptabschnitt vier – Dämpfungsdrosselspulen	24
19 Allgemeines	24
20 Begriffe	24
21 Bemessungsdaten	25
22 Isolationspegel	25
23 Übertemperatur	25
24 Leistungsschilder	25
25 Prüfungen	26
26 Grenzübergänge	26
Hauptabschnitt fünf – Abstimm-(Filterkreis-)spulen	27
27 Allgemeines	27
28 Begriffe	27
29 Bemessungsdaten	28
30 Leistungsschilder	29
31 Prüfungen	29

32	Grenzabweichungen	30
	Hauptabschnitt sechs – Erdungstransformatoren (Sternpunktbildner)	31
33	Vorbemerkung	31
34	Allgemeines	31
35	Begriffe	31
36	Bemessungsdaten	32
37	Festigkeit gegen den Bemessungs-Sternpunktstrom	32
38	Übertemperatur	33
39	Isolationspegel	33
40	Leistungsschilder	33
41	Prüfungen	34
42	Grenzabweichungen	35
	Hauptabschnitt sieben – Erdschlusslöschspulen	35
43	Allgemeines	35
44	Begriffe	36
45	Bemessungsdaten	36
46	Einstellbereich	37
47	Wicklungsübertemperatur	37
48	Isolationspegel	37
49	Leistungsschilder	37
50	Prüfungen	38
51	Grenzabweichungen	39
	Hauptabschnitt acht – Glättungsdrosselspulen	40
52	Allgemeines	40
53	Begriffe	40
54	Bemessungsdaten	41
55	Isolationspegel	41
56	Übertemperatur	41
57	Leistungsschilder	41
58	Prüfungen	42
59	Grenzabweichungen	45
	Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	49
	Anhang ZB (informativ) Installation und Sicherheit einer Drosselspule	50
	Bild 1 – Magnetisierungskennlinien für Kompensationsdrosselspulen (Beispiele)	46
	Bild 2 – Parameter für eine nichtlineare Magnetisierungskennlinie (Beispiel)	46
	Bild 3 – Messung der Gegenreaktanz an Drehstrom-Drosselspulen oder an den aus drei Einphasen- Drosselspulen bestehenden Drehstrombänken	47
	Bild 4 – Messschaltung für Glättungsdrosselspulen mit Eisenkern oder magnetischer Abschirmung zur Bestimmung von Induktivität und Verlusten bei Oberschwingungsfrequenz	47

Bild 5 – Messschaltung zur Bestimmung der differentiellen Induktivität von zwei identischen großen Glättungsdrosselspulen.....	48
Tabelle 1 – Grenzabweichungen	39

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm IEC 60289:1988, ausgearbeitet von dem IEC TC 14, Power transformers, zusammen mit vom Technischen Komitee CENELEC TC 14, Transformatoren, ausgearbeiteten gemeinsamen Abänderungen wurden 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 60289:1988 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 60289:1988 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.

1 Vorwort der Änderung A11

Diese Änderung der Europäischen Norm EN 60289:1994 wurde ausgearbeitet von dem Technischen Komitee CENELEC TC 14 „Leistungstransformatoren“.

Der Text des Entwurfs wurde der formellen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2002-02-01 als Änderung A11 zu EN 60289:1994 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die Änderung auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2003-02-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der Änderung entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2005-02-01

Dem Verweis auf Abschnitte, Anmerkungen, Bilder und Anhänge, die jene von IEC 60289 ergänzen, ist der Buchstabe Z vorangestellt.

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.
 Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.
 In dieser Norm ist Anhang ZB informativ.
 Der Anhang ZB wurde von CENELEC hinzugefügt.

Hauptabschnitt eins – Allgemeines

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für folgende Arten von Drosselspulen:

- Kompensationsdrosselspulen
- 1 | – Drosselspulen, die keine Wicklungen mit einer Bemessungsspannung U_n von weniger als oder gleich 1 000 V haben
- Strombegrenzungsdrosselspulen einschließlich Sternpunktterdungsdrosselspulen
- 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.

- 1 | ANMERKUNG Sofern keine IEC-Normen für die oben erwähnten kleinen Drosselspulen oder Sonderausführungen bestehen, darf die vorliegende Norm ganz oder teilweise Anwendung finden.

Wo auf bestimmte Abschnitte der verschiedenen Teile von IEC 60076 „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 60076 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 60076 und anderen verwandten Publikationen, die Transformatoren und die Prüfung von Transformatoren betreffen. Die Fachsprache dieser Publikationen wurde beibehalten, obwohl sie genau genommen 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

Sternpunktterdungsdrosselspule

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, das den arithmetischen Mittelwert misst, aber den Effektivwert einer Sinusspannung mit gleichem arithmetischem 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 60076-1, Abschnitt 2) festgelegt sind.

In bestimmten Ländern kann die Umgebungstemperatur zeitweilig – 30 °C betragen, und es dürfen sogar noch niedrigere Grenzwerte vereinbart werden.

1 | Z1 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Drosselspulen mit den Einschränkungen nach Abschnitt 1 müssen als ein Teil einer Anlage angesehen werden. Die EMV-Anforderungen entsprechen daher denen, die für die gesamte Anlagen gelten.

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:

- Die Veränderung kann z. B. durch Anschnittsteuerung mittels Thyristoren (statischer Blindleistungserzeuger) oder durch Gleichstromvormagnetisierung des Eisenkerns erreicht werden.
- 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 Nullreaktanzen 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 Gegenreaktanzen 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 Gegenreaktanzen werden zweckmäßig als Verhältniszahlen zur Bemessungsreaktanzen angegeben.

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

ANMERKUNG 2 Für Netzuntersuchungen sollte beachtet werden, dass die Gegenreaktanzen im Allgemeinen vernachlässigbar sind 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 60076-3.

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 unlöslich 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 60076-1, 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

- Messung des Wicklungswiderstandes (8.5)
- Messung der Reaktanz (8.6)
- Verlustmessung (8.7)
- Spannungsprüfungen (8.11)
- Messung der Übersetzung und der Kurzschlussimpedanz bei Kompensationsdrosselspulen mit zusätzlicher Leistungswicklung

8.3 Typprüfungen

- Erwärmungsmessung (8.15)
- Spannungsprüfungen (8.11)

8.4 Sonderprüfungen

- Messung der Nullreaktanz an Drehstrom-Drosselspulen mit linearer und nichtlinearer Kennlinie (8.9)
- Messung der Gegenreaktanz an Drehstrom-Drosselspulen (8.10)
- Messung des Geräuschpegels (8.13)
- Schwingungsmessung (8.14)
- Messung der Oberschwingungen des Stromes (8.8)
- Messung des Eigenverbrauchs der Ventilatoren und Ölpumpen, sofern vorhanden

g) Messung der Magnetisierungskennlinie (8.12)

8.5 Messung des Wicklungswiderstandes

Siehe IEC 60076-1, 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 60060-1:1989, 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 zufrieden stellende 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 verminderter Spannung gemessenen Strom zu ermitteln.

Das Verfahren der Verlustbestimmung unterliegt der Vereinbarung zwischen Käufer und Hersteller; ein zufrieden stellender 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 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 Grundschiwingung 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 60060-1:1989, 16.1).

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

Siehe IEC 60076-1, 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 in 17.5 zu diesem Thema für Strombegrenzungs-drosselspulen angegeben sind, gelten ebenfalls.

8.11 Spannungsprüfungen

Die Anwendung der verschiedenen Spannungsprüfungen auf Kompensationsdrosselspulen folgt im Allgemeinen den entsprechenden Grundsätzen für Transformatoren in IEC 60076-3, IEC 60722 und IEC 60726.

8.11.1 Prüfung mit angelegter Steh-Wechselspannung (Stückprüfung)

Siehe IEC 60076-3, 10.

8.11.2 Prüfung mit induzierter Steh-Wechselspannung (Stückprüfung)

Die Prüfung mit induzierter Steh-Wechselspannung wird in allgemeiner Übereinstimmung mit IEC 60076-3, 11, ausgeführt, sofern nicht nachstehend anders angegeben.