

DIN EN 50588-1

ICS 29.180

Entwurf

Einsprüche bis 2015-04-06
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 50464-1
(VDE 0532-221):2012-06 und
DIN EN 50541-1
(VDE 0532-241):2012-08

Mittelleistungstransformatoren 50 Hz, mit einer höchsten Spannung für Betriebsmittel nicht über 36 kV –**Teil 1: Allgemeine Anforderungen;
Deutsche Fassung FprEN 50588-1:2014**

Medium power transformers 50 Hz, with highest voltage for equipment not exceeding 36 kV –

Part 1: General requirements;
German version FprEN 50588-1:2014

Transformateurs 50 Hz de moyenne puissance, de tension la plus élevée pour le matériel ne dépassant pas 36 kV –

Partie 1: Exigences générales;
Version allemande FprEN 50588-1:2014

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-02-06 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 online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 54 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments FprEN 50588-1:2014 „Mittelleistungstransformatoren 50 Hz, mit einer höchsten Spannung für Betriebsmittel nicht über 36 kV – Teil 1: Allgemeine Anforderungen“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und der Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung der FprEN 50588-1:2014 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Das europäische Dokument FprEN 50588-1:2014 „Medium power transformers 50 Hz, with highest voltage for equipment not exceeding 36 kV – Part 1: General requirements“ wurde vom TC 14 „Power transformers“ des Europäischen Komitees für Elektrotechnische Normung (CENELEC) erarbeitet und von CENELEC den Nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 321.2 „Transformatoren, Leistungen und Abmessungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC [und/oder CEN] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 50464-1 (VDE 0532-221):2012-06 und DIN EN 50541-1 (VDE 0532-241):2012-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- die flüssigkeitsgefüllten Transformatoren und die Trockentransformatoren werden jetzt gemeinsam in diesem Dokument behandelt;
- der Anwendungsbereich wird bezüglich der Bemessungsleistung auf 5 kVA bis 40 MVA erweitert;
- es werden neue Werte für Leerlauf- und Kurzschlussverluste sowie Schalleistungspegel für unterschiedliche Werte der Bemessungsspannung festgelegt;
- für Transformatoren mit einer Bemessungsleistung von mehr als 3 150 kVA, wird das Prinzip des Peak Efficiency Index (PEI) vorgestellt;
- dieses Dokument wurde unter dem Europäischen Mandat M/495 (Ecodesign) zur Umsetzung der Europäischen Richtlinie 2009/125/EC (Ecodesign of energy-related products) erarbeitet.

**Mittelleistungstransformatoren 50 Hz, mit einer höchsten Spannung für
Betriebsmittel nicht über 36 kV –
Teil 1: Allgemeine Anforderungen**

Medium power transformers 50 Hz, with
highest voltage for equipment not
exceeding 36 kV –
Part 1: General requirements

Transformateurs 50 Hz de moyenne puissance, de
tension la plus élevée pour le matériel ne
dépassant pas 36 kV –
Partie 1: Exigences générales

Dieser Entwurf für eine Europäische Norm wird den CENELEC-Mitgliedern zur CENELEC-Umfrage vorgelegt.
CENELEC Termin: 2014-12-19

Er wurde von CLC/TC 14 erstellt.

Wenn aus diesem Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CENELEC-Mitglieder 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.

Dieser Entwurf für eine Europäische Norm wurde von CENELEC in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch) erstellt. Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

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

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Warnvermerk: Dieses Schriftstück hat noch nicht den Status einer Europäischen Norm. Es wird zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Es kann sich noch ohne Ankündigung ändern und darf nicht als Europäische Norm in Bezug genommen werden.

CENELEC

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

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2014 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Projekt: 24468

Ref. Nr. FprEN 50588-1:2014 D



Documents
Document Sharing Hub

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffsfaf.....	7
4 Umgebungsklassen	8
4.1 Einteilung von Isolierflüssigkeiten	8
4.2 Umgebungsklassen und Brandklassen für Trockentransformatoren	8
5 Elektrische Kennwerte.....	8
5.1 Bemessungsleistung	8
5.2 Höchste Spannungen für Wicklungen mit $U_m > 1,1$ kV	8
5.3 Bemessungsspannung für Wicklungen mit $U_m \leq 1,1$ kV	9
5.4 Bemessungsspannung für Wicklungen mit $U_m > 1,1$ kV	9
5.5 Anzapfungen	9
5.6 Schaltungen.....	9
6 Kurzschlussverluste, Leerlaufverluste, PEI, Schalleistungspegel, Kurzschlussimpedanz.....	9
6.1 Allgemeines	9
6.2 Transformatoren mit Bemessungsspannung $\leq 3\ 150$ kVA.....	10
6.2.1 Allgemeine Informationen.....	10
6.2.2 Eine Wicklung mit $U_m \leq 24$ kV und eine andere mit $U_m \leq 1,1$ kV	10
6.2.3 Kurzschlussverluste und Leerlaufverluste für andere Isolationspegel.....	12
6.2.4 Kurzschlussverluste und Leerlaufverluste für umschaltbare Oberspannung.....	13
6.3 Transformatoren mit Bemessungsleistung $> 3\ 150$ kVA.....	13
6.4 Transformatoren mit besonderen Anforderung	14
6.4.1 Bemessungsleistung nicht in der Tabelle enthalten.....	14
6.4.2 Transformatoren mit Anzapfungen die unter Last oder unter Spannung geschaltet werden können mit einer Bemessungsleistung $\leq 3\ 150$ kVA.....	14
6.4.3 Masttransformatoren mit Gewichtseinschränkung	15
7 Toleranzen.....	16
7.1 Deklarierter Wert und Abnahmebedingungen	16
7.2 Transformatoren bezüglich größter Verluste.....	16
7.3 Transformatoren bezüglich kleinstem PEI.....	16
7.4 Messunsicherheit.....	16
8 Leistungsschild	17
9 Prüfungen	17
9.1 Stückprüfungen	17
9.2 Typprüfungen	17
9.3 Sonderprüfungen.....	17

	Seite
9.4 Sonderprüfung für Wellwandkessel	18
9.4.1 Allgemeines	18
9.4.2 Temperaturschwankungen	18
9.4.3 Verschleißtemperatur	18
9.4.4 Berechnung der Volumenänderung	18
9.4.5 Prüfverfahren	18
9.5 Andere Technologien mit Verlustpegel der Leerlaufverluste nach AAA_0	19
10 Anforderung an die Auslegung	20
10.1 Flüssigkeitsgefüllte Transformatoren	20
10.1.1 Art und Abschluss des Flüssigkeitssystems	20
10.1.2 Anschlussbezeichnung	20
10.1.3 Anschlüsse	20
10.1.4 Abstand zwischen den Durchführungen	20
10.1.5 Kabelanschlusskästen	20
10.1.6 Fahrrollen	20
10.2 Trockentransformatoren	21
10.2.1 Anschlüsse	21
10.2.2 Gehäuse	21
11 Zubehör	21
11.1 Flüssigkeitsgefüllte Transformatoren	21
11.2 Trockentransformatoren	22
Anhang A (informativ) Berechnung des Peak-Efficiency-Index	23
Anhang ZZ (informativ) Beziehung zwischen dieser Europäischen Norm und den Anforderungen der Verordnung der Kommission (EC) Nr. 548/2014 vom 21. Mai 2014 zur Umsetzung der Direktive 2009/125/EC des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf Klein-, Mittel- und Großleistungstransformatoren	24
Literaturverzeichnis	26
 Bilder	
Bild 1 – Auswahl der Absätze nach Spannungspegel U_m	10
 Tabellen	
Tabelle 1 – Schaltungen	9
Tabelle 2 – Leerlaufverluste und Schallleistungspegel für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren (P_o)	11
Tabelle 3 – Kurzschlussverluste (P_k) und Kurzschlussimpedanz für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren	11
Tabelle 4 – Verluste und Kurzschlussimpedanz für Trockentransformatoren	12
Tabelle 5 – Korrektur Kurzschlussverluste und Leerlaufverluste für andere Isolationspegel	12
Tabelle 6 – Korrektur Kurzschlussverluste und Leerlaufverluste für umschaltbare Oberspannung	13
Tabelle 7 – Mindestwert für Peak-Efficiency-Index (PEI) für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren	14
Tabelle 8 – Mindestwert für Peak-Efficiency-Index (PEI) für Trockentransformatoren	14

	Seite
Tabelle 9 – Maximalwerte für Leerlaufverluste (P_0) für Masttransformatoren mit Gewichtseinschränkung $S_r < 160$ kVA.....	15
Tabelle 10 – Maximalwerte für Leerlaufverluste (P_0) für Masttransformatoren mit Gewichtseinschränkung $S_r \geq 160$ kVA.....	15
Tabelle 11 – Maximalwerte für Kurzschlussverluste (P_k) für Masttransformatoren mit Gewichtseinschränkung	15
Tabelle 12 – Zubehör (nicht vollständig)	22
Tabelle 13 – Zubehörliste (nicht vollständig)	22
Tabelle ZZ.1 — Übereinstimmung zwischen dieser Europäischen Norm und Verordnung der Kommission (EC) Nr. 548/2014.....	24

Vorwort

Dieses Schriftstück (FprEN 50588-1:2014) wurde durch CLC/TC 14 „Power transformers“ ausgearbeitet.

Dieses Dokument wird zurzeit dem zweiten Einstufigen Annahmeverfahren unterzogen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem das Vorhandensein dieses Dokuments auf nationaler Ebene angekündigt werden muss (doa): dor + 6 Monate
- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): dor + 12 Monate
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): dor + 36 Monate
(bei der Abstimmung zu bestätigen oder zu ändern)

Dieses Dokument wird EN 50464-1:2007 und EN 50541-1:2011 ersetzen.

FprEN 50588-1:2014 enthält folgende wesentliche technische Änderungen in Bezug auf EN 50464-1:2007 und EN 50541-1:2011:

- flüssigkeitsgefüllte Transformatoren und Trockentransformatoren werden im gleichen Dokument behandelt;
- der Anwendungsbereich wird bezüglich der Bemessungsleistung erweitert;
- neue Werte für Leerlauf-, Kurzschlussverluste und Schallleistungspegel für unterschiedliche Werte der Bemessungsspannung werden festgelegt;
- für Transformatoren mit einer Bemessungsleistung von mehr als 3 150 kVA, wird das Prinzip des Peak Efficiency Index (PEI) vorgestellt.

Dieses Dokument wurde unter einem an CENELEC gerichteten Mandat der Europäischen Kommission (EC) und der Europäischen Freihandelszone (EFTA) erarbeitet.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt für dreiphasige Leistungstransformatoren von 5 kVA bis 40 000 kVA, die für den Dauerbetrieb in Innenräumen und in Freiluft, für 50 Hz, ausgestattet mit zwei Wicklungen mit einer höchsten Spannung für Betriebsmittel von $1,1 \text{ kV} \leq U_m \leq 36 \text{ kV}$ und mindestens einer Wicklung mit einer höchsten Spannung für Betriebsmittel unter 3,6 kV.

ANMERKUNG 1 Transformatoren mit Stufenschaltern (DETC oder OLTC) werden in diese Norm einbezogen, auch wenn sie getrennte Wicklungen zur Bildung der Stufen besitzen.

ANMERKUNG 2 Der Peak Efficiency Index (PEI) für Trockentransformatoren über 10 000 kVA ist zwischen Käufer und Hersteller zu vereinbaren.

Es ist das Anliegen dieser Europäischen Norm, Anforderungen bezüglich der elektrischen Kennwerte und der Auslegung von Mittelspannungstransformatoren festzulegen.

Folgende Transformatoren werden von dieser Norm ausgeschlossen:

- Transformatoren, die keine Wicklungen mit einer höchsten Spannung für Betriebsmittel U_m von mehr als 1,1 kV haben;
- Messwandler;
- Bahntransformatoren, die auf Fahrzeugen montiert sind;
- Anlasstransformatoren;
- Prüftransformatoren;
- Schweißtransformatoren;
- Transformatoren für Tiefseeanwendungen;
- Mittelspannungskoppeltransformatoren bis 5 MVA;
- Transformatoren für Stromrichteranwendungen;
- Ofentransformatoren;
- Transformatoren für Offshore Anwendungen;
- Transformatoren für mobilen Notfalleinsatz;
- Transformatoren und Spartransformatoren für Bahneinspeisungen;
- Erdungstransformatoren;
- explosionsgeschützte und Bergbau-Transformatoren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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).

EN 50180, *Durchführungen über 1 kV bis 52 kV und von 250 A bis 3,15 kA für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren*

EN 50181, *Steckbare Durchführungen über 1 kV bis 52 kV und von 250 A bis 2,50 kA für Anlagen anders als flüssigkeitsgefüllte Transformatoren*

EN 50216 (alle Teile), *Zubehör für Transformatoren und Drosselspulen*

EN 50386, *Durchführungen bis 1 kV und von 250 A bis 5 kA für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren*

EN 50387, *Schienendurchführungen bis 1 kV und von 1,25 kA bis 5 kA, für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren*

EN 50464-4, *Ölgefüllte Drehstrom-Verteilungstransformatoren 50 Hz, 50 kVA bis 2 500 kVA mit einer höchsten Spannung für Betriebsmittel bis 36 kV – Teil 4: Anforderungen und Prüfungen für druckbeanspruchte Wellwandkessel*

EN 60076 (alle Teile), *Leistungstransformatoren*

EN 60085, *Elektrische Isolierung – Thermische Bewertung und Bezeichnung*

EN 60505, *Bewertung und Kennzeichnung von elektrischen Isoliersystemen*

IEC/TR 60616, *Terminal and tapping markings for power transformers*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe. Andere Begriffe werden in EN 60076-1:2011 angegeben.

3.1

Lastfaktor k

Verhältnis des tatsächlichen Eingangsstroms bezogen auf den Bemessungsstrom des Transformators. Üblicherweise ist $0 \leq k \leq 1$.

3.2

übertragene Scheinleistung kS_r

Produkt aus Lastfaktor und Bemessungsleistung

3.3

Efficiency Index EI

Verhältnis der übertragenen Scheinleistung abzüglich der elektrischen Verluste bezogen auf die übertragene Scheinleistung

3.4

Peak Efficiency Index PEI

höchster Wert des Efficiency Index, der beim optimalen Wert des Lastfaktors erreicht werden kann

3.5

Lastfaktor des Peak Efficiency Index k_{PEI}

Lastfaktor bei dem der Peak Efficiency Index auftritt

3.6

Leerlaufverluste P_0

Leerlaufverluste bei Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz bei Nennanzapfung

3.7

Kurzschlussverluste P_K

Kurzschlussverluste bei Bemessungsstrom und Bemessungsfrequenz bei Nennanzapfung umgerechnet auf die Bezugstemperatur nach EN 60076-1

3.8

Schalleistungspegel L_{WA}

gewichteter Schalleistungspegel des Transformators nach EN 60076-10

4 Umgebungsklassen

4.1 Einteilung von Isolierflüssigkeiten

Die Kennwerte der Isolierflüssigkeit werden in EN 61100 beschrieben, bezüglich ihrer Einteilung nach dem Brennpunkt und ihrem spezifischen Heizwert, die es dem Anwender erlauben, die Sicherheit des Transformators durch Auswahl der entsprechenden Werte zu erhöhen.

Für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren gibt es nachfolgend genannte drei Flüssigkeitsklassen:

- Klasse O: falls der Brennpunkt $\leq 300\text{ °C}$;
- Klasse K: falls der Brennpunkt $> 300\text{ °C}$;
- Klasse L: falls die Isolierflüssigkeit keinen messbaren Brennpunkt besitzt.

Bei flüssigkeitsgefüllten Transformatoren müssen die Flüssigkeitsklassen auf dem Leistungsschild des Transformators angegeben sein.

4.2 Umgebungsklassen und Brandklassen für Trockentransformatoren

Für Trockentransformatoren legt EN 60076-11 zwei Brandklassen fest:

– Klasse F0: Es ist kein bestimmtes Brandrisiko zu berücksichtigen. Mit Ausnahme der durch die Bauart des Transformators vorhandenen Eigenschaften müssen zur Begrenzung der Brandgefahr keine besonderen Maßnahmen vorgesehen werden. Nichtsdestotrotz muss die Abgabe toxischer Stoffe und sichtbehindernden Rauchs auf ein Mindestmaß herabgesetzt sein.

– Klasse F1: Transformatoren, die bei von Bränden ausgehenden Gefahren in Betracht zu ziehen sind. Eine Begrenzung der Brandgefahr ist erforderlich. Die Abgabe giftiger Stoffe und sichtbehindernden Rauchs muss auf ein Mindestmaß herabgesetzt sein.

Zum Nachweis der Eignung der Transformatoren für die Klasse F1 müssen Sonderprüfungen nach EN 60076-11:2004, Abschnitt 28 durchgeführt werden.

Trockentransformatoren müssen mit den Klima- und Umgebungsklassen nach EN 60076-11 übereinstimmen.

5 Elektrische Kennwerte

5.1 Bemessungsleistung

Die Werte der Bemessungsleistung sind:

25 kVA – 50 kVA – 100 kVA – 160 kVA – 250 kVA – 315 kVA – 400 kVA – 500 kVA – 630 kVA – 800 kVA –
1 000 kVA – 1 250 kVA – 1 600 kVA – 2 000 kVA – 2 500 kVA – 3 150 kVA – 4 000 kVA – 5 000 kVA –
6 300 kVA – 8 000 kVA – 10 000 kVA – 12 500 kVA – 16 000 kVA – 20 000 kVA – 25 000 kVA –
31 500 kVA – 36 000 kVA – 40 000 kVA.

Die unterstrichenen Werte sind Vorzugswerte.

5.2 Höchste Spannungen für Wicklungen mit $U_m > 1,1\text{ kV}$

Isolationspegel und Spannungsprüfungen müssen den Anforderungen nach EN 60076-3 entsprechen.

Die Werte der höchsten Spannung für Betriebsmittel U_m sind:

3,6 kV – 7,2 kV – 12 kV – 17,5 kV – 24 kV – 36 kV;

5.3 Bemessungsspannung für Wicklungen mit $U_m \leq 1,1$ kV

Für $U_m \leq 1,1$ kV müssen die Vorzugswerte der Bemessungsspannung aus nachfolgender Liste ausgewählt werden:

400 V – 410 V – 415 V – 420 V – 433 V – 690 V.

ANMERKUNG Dieses Dokument darf ganz oder teilweise auf Transformatoren mit Bemessungsspannungen unter 400 V und über 690 V angewendet werden.

5.4 Bemessungsspannung für Wicklungen mit $U_m > 1,1$ kV

Der Bemessungswert der Oberspannungswicklung liegt oberhalb von 1,1 kV bis einschließlich 36 kV.

5.5 Anzapfungen

Anzapfungen können mit DETC- oder OLTC-Vorrichtungen ausgestattet sein.

- DETC: [De-Energised Tap Changer] Umsteller
- OLTC: [On Load Tap Changer] Laststufenschalter

Für DETC ist der bevorzugte Anzapfungsbereich entweder $\pm 2,5$ % oder $\pm (2 \times 2,5)$ %, wenn nicht anders angegeben. Die größte Anzahl von Anzapfungen sollte neun Stellungen und der größte Gesamtbereich ± 10 % nicht überschreiten.

Für Transformatoren, die mit OLTC ausgerüstet sind, sollte die Anzahl der Stellungen nicht 17 und der größte Gesamtbereich nicht ± 15 % überschreiten.

Der Anzapfungsbereich ist vom Käufer oder durch Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer festzulegen.

5.6 Schaltungen

Bevorzugte Schaltungen müssen entsprechend den Vorgaben nach Tabelle 1 ausgeführt werden.

Tabelle 1 – Schaltungen

$S_r \leq 100$ kVA	$100 \text{ kVA} < S_r < 5\,000$ kVA	$S_r \geq 5\,000$ kVA
Yzn oder Dyn	Dyn	YNd oder Dyn oder YNyn

Die Stundenzahl sollte 5 oder 11 für Dyn oder Yzn und 0 für Yy sein.

Schaltung und Stundenzahl müssen durch den Käufer aus der obigen Auswahl festgelegt werden.

ANMERKUNG Dieser Absatz darf ganz oder teilweise auf Transformatoren mit anderen als den oben angegebenen Schaltgruppen angewendet werden.

6 Kurzschlussverluste, Leerlaufverluste, PEI, Schallleistungspegel, Kurzschlussimpedanz

6.1 Allgemeines

Die folgenden Tabellen zeigen die größten Werte der Verluste für Transformatoren $\leq 3\,150$ kVA und den niedrigsten Peak Efficiency Index für Transformatoren $> 3\,150$ kVA.

Die Verlust- und die Peak Efficiency Index – Kategorien bleiben unverändert für alle Bemessungsspannungen (U_m), ungeachtet der zusätzlichen Verlustkorrekturen nach 6.2.3 und 6.2.4.

Gesonderte Anforderungen und Sonderfälle sind in Abschnitt 6.4 beschrieben.

Verschiedene Verlustklassen in Bezug auf Leerlauf- und Kurzschlussverlusten sind in dieser Norm festgelegt. Die effizienteste Klasse in Bezug auf Leerlaufverluste ist AAA_0 dann AA_0 , A_0 . Für Kurzschlussverluste gilt das gleiche Prinzip mit der effizientesten Klasse A_k dann B_k und C_k .

Die Bezeichnung der Verlustklassen bleibt auch bei Korrekturen, wie in den folgenden Abschnitten beschrieben, einheitlich für alle Bemessungsspannungen (U_m).

Der Schallleistungspegel in den Tabellen im Abschnitt 6 die bevorzugten und maximalen Werte. Der Schallleistungspegel ist vom Käufer oder durch Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer festzulegen.

Für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren und Trockentransformatoren müssen Kurzschlussverluste, Peak Efficiency Index und Kurzschlussspannung in Bezug auf die Referenztemperatur nach EN 60076-1 angegeben werden.

Berechnung und Vergleich von Peak Efficiency Index und Kurzschlussverlusten entsprechend der Referenztemperatur muss nach der Bezugstemperatur des Isoliersystems erfolgen (EN 60076-1:2011, 11.1.1)

Das vom Hersteller eingesetzte Material muss eine Thermische Klasse (EIS) in Übereinstimmung mit den zulässigen Übertemperaturen für Transformatoren nach EN 60085 und EN 60505 besitzen.

6.2 Transformatoren mit Bemessungsspannung $\leq 3\,150\text{ kVA}$

6.2.1 Allgemeine Informationen

Bild 1 zeigt die auszuwählenden Absätze entsprechend dem Spannungspegel U_m der Primär- und Sekundärwicklung.

Sekundärwicklung	$24\text{ kV} < U_m \leq 36\text{ kV}$	6.2.3 (Ref 2)	6.2.3 (Ref 3)	
	$1,1\text{ kV} < U_m \leq 24\text{ kV}$	6.2.2 (Tabellen)	6.2.3 (Ref 1)	6.2.3 (Par 2)
	$0\text{ kV} < U_m < 1,1\text{ kV}$	NA	6.2.2 (Tabellen)	
		$0\text{ kV} < U_m < 1,1\text{ kV}$	$1,1\text{ kV} < U_m \leq 24\text{ kV}$	$24\text{ kV} < U_m \leq 36\text{ kV}$
Primärwicklung				

Bild 1 – Auswahl der Absätze nach Spannungspegel U_m

Referenz in Klammern bezieht sich auf die Zeilen in Tabelle 5.

Die Höhe der Verluste muss übereinstimmen mit der Bemessungsspannung (U_m) nach Bild 1.

ANMERKUNG Höhere Isolierpegel sind normalerweise verbunden mit vergrößerten Isolationsabständen, die höhere Verlustwerte zur Folge haben.

6.2.2 Eine Wicklung mit $U_m \leq 24\text{ kV}$ und eine andere mit $U_m \leq 1,1\text{ kV}$

Die folgende Tabelle definiert für Abspann- oder Aufspanntransformatoren mit einer Wicklung mit $U_m \leq 24\text{ kV}$ und einer anderen mit $U_m \leq 1,1\text{ kV}$.

Tabelle 2 und 3 gelten für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren und Tabelle 4 für Trockentransformatoren.

Tabelle 2 – Leerlaufverluste und Schalleistungspegel für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren (P_o)

S_r kVA	AAAo W	L_{Wa} dB(A)	AAo W	L_{Wa} dB(A)	Ao W	L_{Wa} dB(A)
≤ 25	35	48	63	36	70	37
50	45	50	81	38	90	39
100	75	52	130	40	145	41
160	105	55	189	43	210	44
250	150	58	270	46	300	47
315	180	60	324	48	360	49
400	220	61	387	49	430	50
500	260	62	459	50	510	51
630	300	63	540	51	600	52
800	330	64	585	52	650	53
1000	390	66	693	54	770	55
1250	480	67	855	55	950	56
1600	600	69	1080	57	1200	58
2000	730	71	1305	59	1450	60
2500	880	74	1575	62	1750	63
3150	1100	76	1980	63	2200	64

Tabelle 3 – Kurzschlussverluste (P_k) und Kurzschlussimpedanz für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren

S_r kVA	A_k W	B_k W	C_k W	Kurzschlussimpedanz %
≤ 25	600	725	900	4
50	750	875	1100	4
100	1250	1475	1750	4
160	1750	2000	2350	4
250	2350	2750	3250	4
315	2800	3250	3900	4
400	3250	3850	4600	4
500	3900	4600	5500	4
630	4600	5400	6500	4 oder 6
800	6000	7000	8400	6
1000	7600	9000	10500	6
1250	9500	11000		6
1600	12000	14000		6
2000	15000	18000		6
2500	18500	22000		6
3150	23000	27500		6

Tabelle 4 – Verluste und Kurzschlussimpedanz für Trockentransformatoren

S_r Kva	P_K		AAA_O W	AA_O		A_O		Kurzschluss- impedanz %
	A_K W	B_K W		W	dB (A)	W	dB (A)	
≤ 50	1500	1700	115	180	48	200	49	6
100	1800	2050	160	252	50	280	51	6
160	2600	2900	230	360	53	400	54	6
250	3400	3800	300	468	56	520	57	6
400	4500	5500	430	675	59	750	60	6
630	7100	7600	630	990	61	1100	62	6
800	8000		750	1170	63	1300	64	6
1000	9000		890	1395	64	1550	65	6
1250	11000		1035	1620	66	1800	67	6
1600	13000		1265	1980	67	2200	68	6
2000	16000		1495	2340	69	2600	70	6
2500	19000		1780	2790	70	3100	71	6
3150	22000		2185	3420	73	3800	74	6

Transformatoren können angefragt und angeboten werden mit abweichenden Schallleistungspegeln L_{WA} .

Für Transformatoren AAA_O gelten gesonderte Anforderungen nach Abschnitt 9.5

ANMERKUNG 1 Andere Werte der Kurzschlussspannung können für besondere Systemanforderungen vom Käufer spezifiziert werden, z.B. im Fall von Parallelbetrieb in allen Tabellen dieses Abschnittes.

ANMERKUNG 2 Entsprechend der europäischen Regulierung sind einige Felder der Tabelle 4 leer, weil es durch die Regulierung nicht erlaubt ist.

6.2.3 Kurzschlussverluste und Leerlaufverluste für andere Isolationspegel

Der Verlustpegel nach 6.2.2 muss mit Korrekturfaktoren nach Tabelle 5 gewichtet werden, um die Varianten in Bezug auf den Isolationspegel zu berücksichtigen.

Tabelle 5 – Korrektur Kurzschlussverluste und Leerlaufverluste für andere Isolationspegel

Ref	Isolationspegel	Korrektur für Kurzschluss- und Leerlaufverluste
1	Eine Wicklung mit $1,1 < U_m \leq 24$ kV und eine andere mit $1,1 < U_m \leq 24$ kV	Maximalverluste aus Tabellen 2, 3 und 4 können für Leerlaufverluste um 10% und für Kurzschlussverluste um 10% höher sein.
2	Eine Wicklung mit 24 kV $< U_m \leq 36$ kV und eine andere mit $U_m \leq 1,1$ kV	Maximalverluste aus Tabellen 2, 3 und 4 können für Leerlaufverluste um 15% und für Kurzschlussverluste um 10% höher sein und für die Kurzschlussimpedanz, falls nicht anders spezifiziert, kann ein Wert von 0,5% zugeschlagen werden.
3	Eine Wicklung mit 24 kV $< U_m \leq 36$ kV und eine andere mit $U_m > 1,1$ kV	Maximalverluste aus Tabellen 2, 3 und 4 können für Leerlaufverluste um 20% und für Kurzschlussverluste um 15% höher sein und für die Kurzschlussimpedanz, falls nicht anders spezifiziert, kann ein Wert von 0,5% zugeschlagen werden.

6.2.4 Kurzschlussverluste und Leerlaufverluste für umschaltbare Oberspannung

Der Verlustpegel nach 6.2.2 muss mit Korrekturfaktoren nach Tabelle 5 gewichtet werden, um die Varianten in Bezug auf umschaltbare Oberspannung zu berücksichtigen.

Für Transformatoren mit Isolationspegel nach Tabelle 5 und umschaltbare Oberspannung nach Tabelle 6 müssen für den Verlustwert beide Korrekturen berücksichtigt werden.

Tabelle 6 – Korrektur Kurzschlussverluste und Leerlaufverluste für umschaltbare Oberspannung

Ref	Umschaltbare Oberspannung	Korrektur für Kurzschluss- und Leerlaufverluste
A	eine Wicklung	Im Falle eines Transformators mit einer Oberspannungswicklung und zwei Spannungen durch eine angezapfte Unterspannungswicklung, müssen die Verluste entsprechend der höchsten Unterspannung berechnet werden entsprechend Tabelle 2, 3 und 4. Die maximal verfügbare Leistung mit der niedrigeren Unterspannung eines solchen Transformators darf nicht größer als das 0,85-fache der Bemessungsleistung sein. Im Falle eines Transformators mit einer Oberspannungswicklung und zwei Spannungen durch eine Anzapfung, darf die maximal verfügbare Leistung nicht größer als das 0,85-fache der Bemessungsleistung sein. Im Falle der vollen Bemessungsleistung unabhängig der Spannungs-kombinationen, könne die Maximalverluste aus Tabellen 2, 3 und 4 für Leerlaufverluste um 15% und für Kurzschlussverluste um 10% höher sein.
B	beide Wicklungen	Maximalverluste aus Tabellen 2, 3 und 4 können für Leerlaufverluste um 20% und für Kurzschlussverluste um 20% für beide Wicklungen höher sein. Dieser gilt auf Basis der Bemessungsleistung unabhängig von der Spannungs-kombination.

6.3 Transformatoren mit Bemessungsleistung > 3 150 kVA

Der Peak-Efficiency-Index (PEI) ist der Maximalwert des Verhältnisses der übertragenen Scheinleistung eines Transformators abzüglich der elektrischen Verluste zur übertragenen Scheinleistung.

Der Mindestwert für den PEI der unter allen Umständen erreicht werden muss, kann mit verschiedenen Kombinationen von Leerlauf- und Kurzschlussverlusten erlangt werden. Das ist das Äquivalent zu den verschiedenen Lastfaktoren für die der PEI auftritt. Das Verhältnis von Kurzschluss- und Leerlaufverlusten muss angepasst werden für die Anwendung um den besten aktuelle Effizienz im Betrieb zu sichern. Um das zu erreichen sind folgende Methoden möglich:

- Zur Verfügung stellen Verlustbewertungen für Leerlauf- und Kurzschlussverluste die den zu Grunde liegenden Lastfaktor reflektieren. (da ist die geforderte Methode).
- Beschreibung von Maximalwerten für die Leerlauf- und Kurzschlussverluste;
- Spezifizierung des minimalen Effizienz-Index

Anhang 1 enthält die Berechnungsmethode für den Peak-Efficiency-Index (PEI).

Tabelle 7 zeigt den PEI für Transformatoren mit Bemessungsleistung > 3 150 kVA

Tabelle 7 – Mindestwert für Peak-Efficiency-Index (PEI) für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren

S_r (kVA)	PEI (%)	
	AA	A
$3\,150 < S_r \leq 4\,000$	99,532	99,465
5 000	99,548	99,483
6 300	99,571	99,510
8 000	99,593	99,535
10 000	99,615	99,560
12 500	99,640	99,588
16 000	99,663	99,615
20 000	99,684	99,639
25 000	99,700	99,657
31 500	99,712	99,671
40 000	99,724	99,684

Tabelle 8 – Mindestwert für Peak-Efficiency-Index (PEI) für Trockentransformatoren

S_r (kVA)	PEI (%)	
	AA	A
$3\,150 < S_r \leq 4\,000$	99,382	99,348
5 000	99,387	99,354
6 300	99,389	99,356
8 000	99,390	99,357
10 000	99,390	99,357

Der Wert des Schallleistungspegels und der Kurzschlussimpedanz muss im Angebotsstadium vereinbart werden.

ANMERKUNG Der PEI-Wert kann erreicht werden mit verschiedenen Kombinationen der Leerlauf- und Kurzschlussverluste

6.4 Transformatoren mit besonderen Anforderung

6.4.1 Bemessungsleistung nicht in der Tabelle enthalten

Für Transformatoren die eine Bemessungsleistung abweichend von den in der Tabelle gegebenen Werten besitzen muss eine lineare Interpolation auf Basis der benachbarten verlustwerte oder des PEI erfolgen. .

6.4.2 Transformatoren mit Anzapfungen die unter Last oder unter Spannung geschaltet werden können mit einer Bemessungsleistung $\leq 3\,150$ kVA

Wenn Transformatoren mit Anzapfungen die unter Last oder unter Spannung geschaltet ausgeführt sind, kann der Wert der Leerlaufverluste um 20% und der Wert der Kurzschlussverluste um 5% höher sein.

Nach dem 01.07.2021 darf der Wert der Leerlaufverluste maximal um 10% höher sein. Die Kurzschlussverluste müssen den Werten aus den Verlusttabellen entsprechen.

Solche Korrekturen sind unabhängig von der angewandten Technologie zur Spannungsanpassung.

Als Verluste des Transformators werden die Gesamtverluste gezählt, unabhängig vom Transformatortyp und inklusive der Teile zur automatischen Spannungsregelung die im Transformator eingebaut sind.

6.4.3 Masttransformatoren mit Gewichtseinschränkung

Masttransformatoren sind Leistungstransformatoren mit einer Bemessungsleistung bis einschließlich 315 kVA für Außenaufstellung und ausgelegt für die Aufhängung am Mast einer Freileitung.

Der Wert für Leerlauf- und Kurzschlussverluste nach Absatz 6.2 ist nicht anwendbar für flüssigkeitsgefüllte Masttransformatoren von 25 bis 315 kVA. Für dies speziellen Mittelleistungs-Masttransformatoren gelten die maximalen Verlustwerte nach Tabelle 9, 10 und 11.

Tabelle 9 – Maximalwerte für Leerlaufverluste (P_0) für Masttransformatoren mit Gewichtseinschränkung $S_r < 160$ kVA.

S_r (kVA)	A_0 (W)
25	70
50	90
100	145

Tabelle 10 – Maximalwerte für Leerlaufverluste (P_0) für Masttransformatoren mit Gewichtseinschränkung $S_r \geq 160$ kVA.

S_r (kVA)	B_0 (W)	C_0 (W)
160	270 ($C_0 - 10\%$) ^a	300
200	310	356
250	360	425
315	440	520
^a Dieser Wert weicht von dem in der EN 50464-1 angegebenen Wert ab.		

Tabelle 11 – Maximalwerte für Kurzschlussverluste (P_k) für Masttransformatoren mit Gewichtseinschränkung

S_r (kVA)	B_k (W)	C_k (W)
25	725	900
50	875	1100
100	1475	1750
160	3102 ($C_k + 32\%$) ^a	3102 ($C_k + 32\%$) ^a
200	2333	2750
250	2750	3250
315	3250	3900
^a Dieser Wert weicht von dem in der EN 50464-1 angegebenen Wert ab.		