

	Stufenschalter Teil 1: Leistungsanforderungen und Prüfverfahren (IEC 60214-1:2003) Deutsche Fassung EN 60214-1:2003	DIN EN 60214-1
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 214-1
ICS 29.130.01; 29.180 Tap-changers – Part 1: Performance requirements and test methods (IEC 60214-1:2003); German version EN 60214-1:2003 Changeurs de prises – Partie 1: Prescriptions de performances et méthodes d'essai (CEI 60214-1:2003); Version allemande EN 60214-1:2003 Die Europäische Norm EN 60214-1:2003 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 60214-1 wurde am 2003-03-01 angenommen. Daneben darf DIN EN 60214 (VDE 0532 Teil 30):1998-06 noch bis 2006-03-01 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. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 14/352/CD (VDE 0532 Teil 30):2000-06. Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 14 „Power transformers“ erarbeitet. Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2007 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation – bestätigt, – zurückgezogen, – durch eine Folgeausgabe ersetzt oder – geändert. Fortsetzung Seite 2 und 3 und 57 Seiten EN DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 60214 (VDE 0532 Teil 30):1998-06** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) EN 60214-1:2003 übernommen
- b) Inhalt der Norm völlig überarbeitet
- c) Prüfungen neu gegliedert und übersichtlich strukturiert
- d) Umsteller wurden zusätzlich in die Norm aufgenommen

Frühere Ausgaben

DIN VDE 0531 (VDE 0531):1969-12

DIN 57532-30 (VDE 0532 Teil 30):1982-03

DIN VDE 0532-30 (VDE 0532 Teil 30):1993-04

DIN EN 60214 (VDE 0532 Teil 30):1998-06

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 588.1 S1:1991	IEC 60060-1:1989	DIN IEC 60060-1 (VDE 0432 Teil 1):1994-06	VDE 0432 Teil 1
EN 60060-2:1994	IEC 60060-2:1994	DIN EN 60060-2 (VDE 0432 Teil 2):1996-03	VDE 0432 Teil 2
EN 60076-1:1997	IEC 60076-1 (modifiziert):1993	DIN EN 60076-1 (VDE 0532 Teil 76-1):2003-01	VDE 0532 Teil 76-1
EN 60076-3:2001	IEC 60076-3:2000	DIN EN 60076-3:2001-11	VDE 0532 Teil 3
EN 60137:1996	IEC 60137:1995	DIN EN 60137 (VDE 0674 Teil 5):1996-10	VDE 0674 Teil 5
–	IEC 60270:1981	DIN VDE 0434 (VDE 0434):1983-05	VDE 0434
–	IEC 60296:1982	DIN VDE 0370-1 (VDE 0370 Teil 1):1978-12	VDE 0370 Teil 1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60354:1972	DIN VDE 0536 (VDE 0536):1977-03	VDE 0536
–	IEC 60542:1976 ^{*)} + A1:1988	DIN VDE 0532-31 (VDE 0532 Teil 31):1993-04	VDE 0532 Teil 31
EN 60947:1999	IEC 60947-1:1999	DIN EN 60947-1 (VDE 0660 Teil 100):1999-12	VDE 0660 Teil 100

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60060-2 (VDE 0432 Teil 2), Hochspannungs-Prüftechnik – Messsysteme (IEC 60060-2:1994); Deutsche Fassung EN 60060-2:1994

DIN EN 60076-1 (VDE 0532 Teil 101), Leistungstransformatoren – Allgemeines (IEC 60076-1:1992, mod.); Deutsche Fassung EN 60076-1:1997

DIN EN 60076-3 (VDE 0532 Teil 3):2001-11, Leistungstransformatoren – Teil 3: Isolationspegel, Spannungsprüfungen und äußere Abstände in Luft (IEC 60076-3:2000 + Corrigendum 2000), Deutsche Fassung EN 60076-3:2001

DIN EN 60137 (VDE 0674 Teil 5), Isolierte Durchführungen für Wechselspannungen über 1 000 V (IEC 60137:1995); Deutsche Fassung EN 60137:1996

DIN EN 60947-1 (VDE 0660 Teil 100), Niederspannungsschaltgeräte – Teil 1: Allgemeine Festlegungen (IEC 60947-1:1999, modifiziert + Corrigendum 1999); Deutsche Fassung EN 60947-1:1999 + Corrigendum 1999

DIN IEC 60060-1 (VDE 0432 Teil 1), Hochspannungs-Prüftechnik – Allgemeine Festlegungen zu Prüfbedingungen (IEC 60060-1:1989 + Corrigendum März 1990); Deutsche Fassung HD 588.1 S1:1991

DIN VDE 0370-1 (VDE 0370 Teil 1), Isolieröle – Neue Isolieröle für Transformatoren, Wandler und Schaltgeräte

DIN VDE 0434 (VDE 0434), Hochspannungs-Prüftechnik – Teilentladungsmessungen

DIN VDE 0532-31 (VDE 0532 Teil 31), Transformatoren und Drosselpulen – Leitlinie zur Auswahl und Anwendung von Stufenschaltern

DIN VDE 0536 (VDE 0536), Belastbarkeit von Öltransformatoren

^{*)} Zurzeit befindet sich IEC 60214-2 in Beratung, diese wird später IEC 60542 ablösen.

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Stufenschalter
Teil 1: Leistungsanforderungen und Prüfverfahren
(IEC 60214-1:2003)

Tap-changers
Part 1: Performance requirements and test
methods
(IEC 60214-1:2003)

Changeurs de prises
Partie 1: Prescriptions de performances et
méthodes d'essai
(CEI 60214-1:2003)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2003-03-01 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

© 2003 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 14/457/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 60214-1, ausgearbeitet von dem IEC TC 14 „Power transformers“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2003-03-01 als EN 60214-1 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60214:1997.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2003-12-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2006-03-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind die Anhänge A, B, C und ZA normativ und Anhang D ist informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60214-1:2003 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Betriebsbedingungen.....	12
4.1 Temperatur des Umgebungsmediums des Stufenschalters	12
4.2 Temperatur des Umgebungsmediums des Motorantriebs	12
4.3 Überlastbarkeit.....	13
5 Anforderungen an Laststufenschalter	13
5.1 Allgemeine Anforderungen	13
5.2 Typprüfungen.....	14
5.3 Stückprüfungen.....	27
5.4 Sonderprüfungen	27
6 Anforderungen an Motorantriebe für Laststufenschalter	28
6.1 Allgemeine Anforderungen	28
6.2 Typprüfungen.....	29
6.3 Stückprüfungen.....	30
7 Anforderungen an Umsteller.....	30
7.1 Allgemeine Anforderungen	30
7.2 Typprüfungen.....	31
7.3 Stückprüfungen.....	35
8 Anforderungen an Motorantriebe für Umsteller	36
8.1 Allgemeine Anforderungen	36
8.2 Typprüfungen.....	37
8.3 Stückprüfungen.....	38
9 Leistungsschild	38
9.1 Stufenschalter (Laststufenschalter und Umsteller).....	38
9.2 Motorantriebe.....	38
10 Warnschild für Umsteller	39
11 Betriebsanleitung des Herstellers.....	39
Anhang A (normativ) Ergänzende Beschreibung der Schaltbeanspruchungen von Laststufenschaltern mit ohmschen Überschaltwiderständen	40
A.1 Beanspruchung der Schalt- und Widerstandskontakte	40
Anhang B (normativ) Schaltbeanspruchungen von Laststufenschaltern mit induktiven Überschaltwiderständen	43
B.1 Zusätzliche Angaben für die Prüfungen	43
B.1.1 Bemessungs-Schaltleistungsprüfung	43
B.1.2 Grenzschtleistungsprüfung	43
B.2 Beanspruchung der schaltenden Kontakte	43

Anhang C (normativ) Verfahren zur Bestimmung der äquivalenten Temperatur von ohmschen Überschaltwiderständen durch Belastung mit Stromimpulsen	54
Anhang D (informativ) Ersatzprüfkreise für Bemessungs- und Grenzschaltleistungsprüfungen.....	55
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	57
Bild 1 – Prüf-Kurzzeitstrom als Vielfaches des maximalen Bemessungs-Durchgangsstroms	19
Bild 2 – Zeitlicher Verlauf für das Anlegen der Prüfspannung	26
Bild 3 – Prüf-Kurzzeitstrom als Vielfaches des maximalen Bemessungs-Durchgangsstroms	33
Bild 4 – Warnschild	39
Bild A.1 – Strom- und Spannungszeigerdiagramme für Laststufenschalter mit ohmschen Überschaltwiderständen	40
Bild B.1 – Schaltfolge eines Laststufenschalters mit Reaktorprinzip mit Lastwähler.....	45
Bild B.2 – Strom- und Spannungszeigerdiagramme für Laststufenschalter mit Reaktorprinzip mit Lastwähler.....	45
Bild B.3 – Schaltfolge eines Laststufenschalters mit Reaktorprinzip mit Lastwähler und Ausgleichswicklung.....	47
Bild B.4 – Strom- und Spannungszeigerdiagramme für Laststufenschalter mit Reaktorprinzip mit Lastwähler und Ausgleichswicklung	47
Bild B.5 – Schaltfolge eines Laststufenschalters mit Reaktorprinzip mit Lastumschalter und Feinwähler	49
Bild B.6 – Strom- und Spannungszeigerdiagramme für Laststufenschalter mit Reaktorprinzip mit Lastumschalter und Feinwähler.....	50
Bild B.7 – Schaltfolge eines Laststufenschalters mit Reaktorprinzip mit Vakuum-Schaltröhre und Feinwähler	52
Bild B.8 – Strom- und Spannungszeigerdiagramme für Laststufenschalter mit Reaktorprinzip mit Vakuum-Schaltröhre und Feinwähler	53
Bild D.1 – Ersatzprüfkreis – Schaltung mit Transformator.....	55
Bild D.2 – Ersatzprüfkreis – Schaltung mit Widerständen	56
Tabelle 1 – Temperatur des Umgebungsmediums des Stufenschalters.....	12
Tabelle 2 – Zulässige Kontaktübertemperaturen.....	15
Tabelle 3 – Stufenschalterklassen	22
Tabelle 4 – Isolationspegel – Serie I gemäß der Praxis in Europa.....	23
Tabelle 5 – Isolationspegel – Serie II gemäß der Praxis in Nordamerika	24
Tabelle 6 – Zulässige Kontaktübertemperaturen für Umsteller	32
Tabelle 7 – Umstellerklassen	34
Tabelle A.1 – Beanspruchung der Schalt- und Widerstandskontakte	41
Tabelle A.2 – Einfluss des Leistungsfaktors auf die Schaltbeanspruchung von Laststufenschaltern mit ohmschen Überschaltwiderständen.....	42
Tabelle B.1 – Beanspruchung der schaltenden Kontakte für Laststufenschalter mit Reaktorprinzip der Bauform „Lastwähler“ – Schalten von P1 in Richtung P5	44
Tabelle B.2 – Beanspruchung der schaltenden Kontakte für Laststufenschalter mit Reaktorprinzip der Bauform „Lastwähler mit Ausgleichswicklung“ – Schalten von P1 in Richtung P5	46

Tabelle B.3 – Beanspruchung der schaltenden Kontakte für Laststufenschalter mit Reaktorprinzip der Bauform „Lastumschalter und Feinwähler“ – Schalten von P1 in Richtung P5	48
Tabelle B.4 – Beanspruchung der schaltenden Kontakte für Laststufenschalter mit Reaktorprinzip der Bauform „Vakuum-Schaltröhre und Feinwähler“ – Schalten von P1 in Richtung P11	51

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60214 gilt für Laststufenschalter mit Widerstands- und Reaktorprinzip, Umsteller und ihre Motorantriebe. Sie gilt hauptsächlich für Stufenschalter, die in Transformatorenöl eingesetzt werden, das IEC 60296 entspricht. Soweit anwendbar, darf diese Norm jedoch auch für Stufenschalter mit Gasisolierung oder Stufenschalter, die in anderen Isolierflüssigkeiten eingesetzt sind, angewendet werden.

Diese Norm gilt für Leistungs- und Verteilungstransformatoren jeglicher Art sowie für Drosselspulen.

Diese Norm gilt nicht für Transformatoren und Drosselspulen auf Triebfahrzeugen.

2 Normative Verweisungen

Die im Folgenden genannten Dokumente sind unerlässlich für die Anwendung dieses Dokumentes. Bei datierten Verweisen gilt nur die zitierte Ausgabe. Bei undatierten Verweisen gilt die letzte Ausgabe des genannten Dokumentes (inklusive aller Anhänge).

IEC 60060, *High-voltage test techniques*

IEC 60076-1:1993, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-3:2000, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air*

IEC 60137, *Bushings for alternating voltages above 1 000 volts*

IEC 60214-2¹⁾, *Tap-changers – Part 2: Application guide*

IEC 60270, *Partial discharge measurements*

IEC 60296, *Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60354, *Loading guide for oil-immersed transformers*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 61378-2, *Converter transformers – Part 2: Transformers for HVDC applications*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Laststufenschalter

Gerät zum Wechseln der Anzapfung einer Wicklung, das bei einem an Spannung liegenden bzw. unter Last stehenden Transformator betrieben werden kann

3.2

Feinwähler

zur Stromführung, jedoch nicht zur Ein- oder Ausschaltung von Strömen geeignetes Gerät, das gemeinsam mit einem Lastumschalter zur Anwahl von Anzapfungen verwendet wird

¹⁾ Zurzeit in Beratung, vormals IEC 60542.

3.3**Lastumschalter**

gemeinsam mit einem Feinwähler verwendetes Schaltgerät zur Stromführung, Stromeinschaltung und Stromausschaltung in bereits ausgewählten Stromkreisen

ANMERKUNG Im Englischen wird neben der Bezeichnung „diverter switch“ für den Lastumschalter auch die Bezeichnung „arcing switch“ teilweise verwendet.

3.4**Lastwähler**

Schaltgerät für die Führung, Ein- und Ausschaltung von Strömen, das die Funktionen von Feinwähler und Lastumschalter vereint

ANMERKUNG Im Englischen wird neben der Bezeichnung „selector switch“ für den Lastwähler auch die Bezeichnung „arcing tap switch“ teilweise verwendet.

3.5**Umsteller**

Gerät zum Wechseln der Anzapfung einer Wicklung, das nur bei einem freigeschalteten Transformator betrieben werden darf

3.6**Vorwähler**

Gerät für die Stromführung, jedoch nicht für die Ein- oder Ausschaltung, das in Verbindung mit einem Feinwähler oder Lastwähler verwendet wird, um dessen Kontakte und die angeschlossenen Anzapfungen mehrfach zu nutzen, wenn von einer Endstellung zur anderen übergegangen wird

3.7**Vorwähler für die Grob-/Feinstufenschaltung**

Vorwähler, der die Feinstufenwicklung entweder mit der Grobstufenwicklung oder der Stammwicklung oder Teilen hiervon verbindet

3.8**Vorwähler für die Zu- und Gegenschaltung**

Vorwähler, der das eine oder das andere Ende der Feinstufenwicklung mit der Stammwicklung verbindet

3.9**Überschaltimpedanz**

aus einer oder mehreren Einheiten bestehende(r) Widerstand oder Drosselspule, welche die angeschlossene und die als nächste anzuschließende Anzapfung zum Zwecke der Lastumschaltung von einer Anzapfung auf eine andere ohne Unterbrechung bzw. nennenswerte Änderung des Laststroms überbrücken, wobei gleichzeitig der Ausgleichsstrom während der Zuschaltung beider Anzapfungen begrenzt wird

ANMERKUNG Für Laststufenschalter mit Reaktorprinzip wird die Überschaltimpedanz (Überschaltdrosselspule) gemeinhin als Überschalttransformator bezeichnet. Laststufenschalter mit Reaktorprinzip nutzen üblicherweise die Brückenstellung zwischen zwei Anzapfungen als Betriebsstellung (Mittelpunkts- oder Mittelanzapfungs-Laststufenschalter mit Reaktorprinzip) und deshalb ist die Überschaltdrosselspule für Dauerbelastung ausgelegt.

3.10**Überschalttransformator**

ein Spartransformator (oder Drosselspule mit Mittelanzapfung), der in Regeltransformatoren mit Laststufenschaltern oder Spannungsreglern zur Begrenzung des Ausgleichsstroms benutzt wird, während der Transformator in einer Stellung betrieben wird, in der zwei benachbarte Anzapfungen gebrückt sind, oder während des Umschaltens zwischen zwei benachbarten Stellungen

3.11**Ausgleichswicklung**

eine Wicklung eines Regeltransformators mit Reaktorprinzip, die sich in demselben magnetischen Kreis (Kern) befindet wie die Erregerwicklung und die Anzapfwicklung, mit der Hälfte der Windungen einer jeden Stufe

3.12

Antrieb

Einrichtung, die den Stufenschalter betätigt

ANMERKUNG Der Antrieb kann einen unabhängigen Energiespeicher für die Umschaltung enthalten.

3.13

Kontaktsatz

Paar einzeln befestigter und sich bewegender Kontakte oder Kombination von Kontaktpaaren, die im Wesentlichen gleichzeitig betätigt werden

3.14

Hauptkontakte des Lastumschalters und Lastwählers (Laststufenschalter mit Widerstandsprinzip)

Kontaktsatz, der den Durchgangsstrom führt, ihn jedoch nicht schaltet und bei dem keine Überschaltimpedanz zwischen der Anzapfung einer Wicklung und den Kontakten angeordnet ist

3.15

Schaltkontakte des Lastumschalters und Lastwählers (Laststufenschalter mit Widerstandsprinzip)

Kontaktsatz, der den Strom ein- und ausschaltet und bei dem keine Überschaltimpedanz zwischen der Anzapfung einer Wicklung und den Kontakten angeordnet ist

3.16

Widerstandskontakte des Lastumschalters und Lastwählers (Laststufenschalter mit Widerstandsprinzip)

Kontaktsatz, der mit einer Überschaltimpedanz in Reihe liegt und Strom ein- und ausschaltet

3.17

Umschaltkontakte (Laststufenschalter mit Reaktorprinzip)

Kontaktsatz, der Strom ein- und ausschaltet

ANMERKUNG Wenn Nebenschlusskontakte nicht vorgesehen sind, ist der Umschaltkontakt ein Kontakt, der Dauerstrom führt.

3.18

Nebenschlusskontakte (Laststufenschalter mit Reaktorprinzip)

Kontaktsatz, der den Durchgangsstrom führt und den Strom auf die Umschaltkontakte ohne Leistungsbogen kommutiert

3.19

Überbrückungskontakte

bewegliche Kontakte, die Strom führen und in ihrer Betriebsstellung zwei feste Kontakte brücken

3.20

Ausgleichsstrom

während der kurzzeitigen Überbrückung zweier Anzapfungen beim Stufenschalten durch die Überschaltimpedanz fließender Teil des Stroms im Falle eines Laststufenschalters mit Widerstandsprinzip oder während der Überbrückung zweier Anzapfungen in einer Betriebsstellung durch die Überschaltimpedanz fließender Teil des Stroms im Falle eines Laststufenschalters mit Reaktorprinzip. Der Ausgleichsstrom ist auf die Potentialdifferenz zwischen den Anzapfungen zurückzuführen.

3.21

Schaltstrom

zu erwartender Strom, der während der Schaltoperation durch jeden Satz im Lastumschalter bzw. Lastwähler vorhandener Schalt- oder Widerstandskontakte (Laststufenschalter mit Widerstandsprinzip) oder Umschaltkontakte (Laststufenschalter mit Reaktorprinzip) zu unterbrechen ist

3.22

wiederkehrende Spannung

betriebsfrequente Spannung, die über jedem Satz Schalt- bzw. Widerstandskontakte (Laststufenschalter mit Widerstandsprinzip) oder Umschaltkontakte (Laststufenschalter mit Reaktorprinzip) des Lastwählers oder Lastumschalters erscheint, nachdem diese Kontakte den zu schaltenden Strom ausgeschaltet haben

3.23**Stufenschaltung**

komplette Folge von Ereignissen vom Beginn bis zum Ende einer Stufenschaltung von einer Betriebsstellung auf eine benachbarte

3.24**Schaltzyklus**

Bewegung des Stufenschalters von einem Ende seines Bereichs zum anderen und zurück in seine Ausgangsstellung

3.25**Bemessungs-Isolationspegel**

die Werte der Bemessungs-Steh-Blitzstoß- und Bemessungs-Steh-Wechselspannungen gegen Erde, zwischen den Phasen (soweit vorhanden) und zwischen allen sonstigen spannungsbeanspruchten Teilen

3.26**Bemessungs-Durchgangsstrom I_u**

Strom, der durch den Stufenschalter zur externen Schaltung fließt, den das Gerät von einer Anzapfung zur anderen zu übergeben in der Lage ist und der ständig fließen kann, wobei die Anforderungen dieser Norm erfüllt werden

3.27**maximaler Bemessungs-Durchgangsstrom I_{um}**

der höchste Bemessungs-Durchgangsstrom, für den der Stufenschalter ausgelegt ist und der die Grundlage für alle strombezogenen Prüfungen bildet

3.28**Bemessungs-Stufenspannung U_i**

für jeden Wert des Bemessungs-Durchgangsstroms die höchste zulässige Spannung zwischen den Anschlüssen, die für die Verbindung mit aufeinander folgenden Anzapfungen eines Transformators vorgesehen sind

3.29**zugehörige Bemessungs-Stufenspannung**

die höchste zulässige Stufenspannung für einen gegebenen Bemessungs-Durchgangsstrom

3.30**maximale Bemessungs-Stufenspannung U_{im}**

der Höchstwert der Bemessungs-Stufenspannung, für den der Stufenschalter ausgelegt ist

3.31**Bemessungsfrequenz**

die Frequenz des Wechselstroms, für die der Stufenschalter ausgelegt ist

3.32**Anzahl der möglichen (Anzapfungs-)Stellungen**

höchste Anzahl der Anzapfungsstellungen in einem halben Betriebszyklus, für die ein Stufenschalter entsprechend seiner Konstruktion verwendet werden kann

ANMERKUNG Dieser Begriff wird im Allgemeinen in $\pm$ -Werten der jeweiligen Anzahl angegeben, z. B. ± 11 Stellungen; sie gelten im Grunde auch für den Motorantrieb. Die Verwendung des Begriffs „Anzahl der Anzapfungsstellungen“ bezieht sich hinsichtlich eines Transformators immer auf die Anzahl der Betriebsstellungen des Transformators.

3.33**Anzahl der (Anzapfungs-)Betriebsstellungen**

Anzahl der Anzapfungsstellungen in einem halben Betriebszyklus, für die ein Stufenschalter in einem Transformator verwendet wird

ANMERKUNG Dieser Begriff wird im Allgemeinen in $\pm$ -Werten der jeweiligen Anzahl angegeben, z. B. ± 11 Stellungen; sie gelten im Grunde auch für den Motorantrieb. Die Verwendung des Begriffs „Anzahl der Anzapfstellungen“ bezieht sich hinsichtlich eines Transformators immer auf die Anzahl der Betriebsstellungen des Transformators.

3.34

Typprüfung

Prüfung, die an einem Stufenschalter oder an Bauteilen eines Stufenschalters oder an einer Baureihe von Stufenschaltern oder deren Bauteilen, denen die gleiche Konstruktion zugrunde liegt, als Nachweis der Übereinstimmung mit dieser Norm ausgeführt wird

ANMERKUNG Eine Baureihe von Stufenschaltern umfasst eine Anzahl von Stufenschaltern gleicher Konstruktion und gleicher Kennwerte mit Ausnahme der Isolationspegel gegen Erde und gegebenenfalls zwischen den Phasen, der Anzahl der Stellungen und des Wertes der Überschaltempedanz.

3.35

Stückprüfung

Prüfung, die an jedem fertiggestellten Stufenschalter durchgeführt wird, dessen Konstruktion durch die Typprüfung nachgeprüft wurde, um festzustellen, dass keine Fertigungsfehler vorliegen

3.36

Motorantrieb

Antrieb aus einem Elektromotor und einer Steuerschaltung

3.37

Schrittsteuerung eines Motorantriebs

Gerät, das den Motorantrieb nach Ausführung einer Stufenschaltung unabhängig von der Funktionsfolge des Steuerschalters anhält

3.38

Stellungsanzeige

Gerät zur Anzeige der Stellung des Stufenschalters

3.39

Laufanzeige

Gerät, das den Betrieb des Motorantriebs anzeigt

3.40

Endschalter

Geräte, die den Betrieb des Stufenschalters über seine Endstellung hinaus verhindern, doch einen Betrieb in entgegengesetzte Richtung zulassen

3.41

mechanische Endbegrenzung

Gerät, das den Betrieb des Stufenschalters über beide Endstellungen hinaus mechanisch verhindert, in die jeweils entgegengesetzte Richtung jedoch zulässt

3.42

Parallellaufeinrichtung

Steuergeräte, die bei Parallelbetrieb mehrerer mit Anzapfungen versehener Transformatoren alle Stufenschalter in die gewünschte Stellung bringen und ein Auseinanderlaufen der entsprechenden Motorantriebe verhindern

ANMERKUNG Solche Geräte wären auch bei Einphasentransformatoren, die eine Drehstrombank bilden, notwendig, wenn jeder Einphasenstufenschalter mit einem eigenen Motorantrieb ausgestattet ist.

3.43

Notauslösung

Gerät zum jederzeitigen Anhalten des Motorantriebs, wobei vor dem Beginn der nächsten Stufenschaltung eine spezielle Handlung auszuführen ist

3.44**Überstromsperre**

Gerät, das den Betrieb des Motorantriebs in der Zeitspanne verhindert oder unterbricht, in der ein Überstrom in der Transformatorwicklung fließt, der einen voreingestellten Wert überschreitet

ANMERKUNG Wenn Lastumschalter durch Federenergiespeicher betätigt werden, verhindert ein Abschalten des Motorantriebs nicht die Umschaltung des Lastumsehalters, wenn die Federverriegelung ausgelöst worden ist.

3.45**Wiederanlaufeinrichtung**

Einrichtung, die nach einem Ausfall der Betriebsspannung den Motorantrieb wieder anlaufen lässt, wodurch die einmal eingeleitete Stufenschaltung vollendet wird

3.46**Zählwerk**

Gerät, das die Anzahl der ausgeführten Stufenschaltungen anzeigt

3.47**Handantrieb**

mechanische Einrichtung zur Betätigung des Motorantriebs des Stufenschalters von Hand, die gleichzeitig den Betrieb des Elektromotors verhindert

3.48**Motorantriebsgehäuse**

Gehäuse, das den Motorantrieb umgibt

3.49**Durchlaufschutz-Einrichtung**

Gerät, das den Motorantrieb stillsetzt, falls bei Versagen der Schrittsteuerung der Motorantrieb durch mehrere Anzapfungsstellungen durchläuft

3.50**Fahnenschaltung**²⁾

ein Verfahren der Lastumschaltung, bei dem die Schaltkontakte vom Durchgangsstrom entlastet werden, bevor der Ausgleichsstrom fließt

ANMERKUNG Diese Schaltung erfordert, dass der Durchgangsstrom von der mittleren Verbindungsstelle der Überschaltempedanz abgeführt wird, wenn diese vom Ausgleichsstrom durchflossen ist.

3.51**symmetrische Wimpelschaltung**²⁾

ein Verfahren der Lastumschaltung, bei dem der Ausgleichsstrom fließt, bevor die Schaltkontakte vom Durchgangsstrom entlastet werden

ANMERKUNG Diese Schaltung erfordert, dass der Durchgangsstrom von der mittleren Verbindungsstelle der Überschaltempedanz abgeführt wird, wenn diese vom Ausgleichsstrom durchflossen ist.

3.52**unsymmetrische Wimpelschaltung**²⁾

ein Verfahren der Lastumschaltung, bei dem in einer Bewegungsrichtung des Lastumsehalters der Ausgleichsstrom fließt, bevor die Schaltkontakte vom Durchgangsstrom entlastet werden, während in der anderen Bewegungsrichtung die Schaltkontakte vom Durchgangsstrom entlastet werden, bevor der Ausgleichsstrom fließt

ANMERKUNG 1 Diese Schaltung erfordert, dass der Durchgangsstrom von einem Ende der Überschaltempedanz abgeführt wird, wenn diese vom Ausgleichsstrom durchflossen ist.

²⁾ Die Bezeichnungen „Fahnenschaltung“ und „Wimpelschaltung“ sind aus der Zeigerdarstellung der Spannungen bei der Umschaltung von einer Anzapfung auf die benachbarte abgeleitet. Bei der „Fahnenschaltung“ wird die Spannung in 4 Schritten, bei der „Wimpelschaltung“ in nur 2 Schritten geändert, siehe [Bilder A.1 bis A.3](#).

ANMERKUNG 2 Stufenschalter mit unsymmetrischer Wimpelschaltung werden gewöhnlich nur bei Lastfluss in einer Richtung benutzt.

3.53

Klasse I Stufenschalter

Stufenschalter, der nur zum Einsatz am Sternpunkt der Wicklungen geeignet ist

3.54

Klasse II Stufenschalter

Stufenschalter, der zum Einsatz an anderen Stellen als am Sternpunkt von Wicklungen geeignet ist

ANMERKUNG Klasse I und Klasse II Stufenschalter stehen in keiner Beziehung zu Klasse I und Klasse II Transformatoren, die in IEC 60076-3 beschrieben sind.

3.55

Stufenschalter für flüssige Umgebungsmedien

Stufenschalter, der innerhalb des Transformatorkessels untergebracht ist und sich in der Isolierflüssigkeit des Transformators befindet

3.56

Stufenschalter für das Umgebungsmedium Luft

Stufenschalter, der in einem Behälter außerhalb des Transformatorkessels untergebracht ist und sich in seiner eigenen Isolierflüssigkeit befindet

3.57

U_m höchste Spannung für Betriebsmittel

höchster Effektivwert einer Spannung zwischen zwei Phasen in einem dreiphasigen System, für den ein Stufenschalter hinsichtlich seiner Isolation ausgelegt ist

4 Betriebsbedingungen

4.1 Temperatur des Umgebungsmediums des Stufenschalters

Stufenschalter sind für einen Betrieb in den Temperaturgrenzen nach Tabelle 1 geeignet; darüber hinausgehende Bedingungen sind vom Besteller des Stufenschalters anzugeben.

Tabelle 1 – Temperatur des Umgebungsmediums des Stufenschalters

Umgebungsmedium des Stufenschalters	Temperatur	
	Mindestwert	Höchstwert
Luft	–25 °C	40 °C
Flüssigkeit	–25 °C	100 °C
ANMERKUNG 1 Die Definitionen der Umgebungsmedien der Stufenschalter sind in 3.55 und 3.56 zu finden.		
ANMERKUNG 2 Dem oben genannten Wert von 100 °C entspricht eine maximale Umgebungstemperatur von 40 °C nach IEC 60076-1.		

4.2 Temperatur des Umgebungsmediums des Motorantriebs

Motorantriebe sind für einen Betrieb bei Temperaturen ihres Umgebungsmediums zwischen –25 °C und +40 °C auszulegen; darüber hinausgehende Bedingungen sind vom Besteller des Motorantriebs anzugeben.

ANMERKUNG Bei darüber hinausgehenden Bedingungen für das Umgebungsmedium von Stufenschaltern oder Motorantrieben soll auf IEC 60214-2 Bezug genommen werden.

4.3 Überlastbarkeit

Stufenschalter, die dieser Norm entsprechen und nach IEC 60214-2 ausgewählt und eingebaut werden, sollen nicht die Belastung im Notbetrieb des Transformators nach IEC 60354 einschränken, was im Transformator zu Temperaturen der obersten Ölschicht von 115 °C führen kann.

5 Anforderungen an Laststufenschalter

5.1 Allgemeine Anforderungen

5.1.1 Bemessung

5.1.1.1 Bemessungsgrößen

Die Bemessungsgrößen eines Stufenschalters sind:

- Bemessungs-Durchgangsstrom;
- maximaler Bemessungs-Durchgangsstrom;
- Bemessungs-Stufenspannung;
- maximale Bemessungs-Stufenspannung;
- Bemessungsfrequenz;
- Bemessungs-Isolationspegel.

5.1.1.2 Beziehung zwischen Bemessungs-Durchgangsstrom und Bemessungs-Stufenspannung

Unterhalb des maximalen Bemessungs-Durchgangsstroms des Laststufenschalters kann es verschiedene einander zugeordnete Wertepaare von Bemessungs-Durchgangsströmen und zugehörigen Bemessungs-Stufenspannungen geben. Eine Stufenspannung wird „zugehörige Bemessungs-Stufenspannung“ genannt, wenn sie einem bestimmten Bemessungs-Durchgangsstrom zugeordnet ist.

5.1.2 Flüssigkeitsgefüllte Gefäße für Lastumschalter und Lastwähler

Die flüssigkeitsgefüllten Gefäße für Lastumschalter und Lastwähler müssen flüssigkeitsdicht sein. Wenn zutreffend, sind vom Hersteller zulässige Druck- und Vakuumwerte anzugeben.

ANMERKUNG Falls das Transformatoröl durch Gas-in-Öl-Analysen überwacht werden soll, muss das flüssigkeitsgefüllte Gefäß des Lastumschalters oder Lastwählers mit einem flüssigkeitsgefüllten Ausdehnungsgefäß verbunden sein, das mit dem Ausdehnungsgefäß des Transformators keine Verbindung hat.

5.1.3 Flüssigkeitsstandanzeiger

Flüssigkeitsgefüllte Gefäße für Lastumschalter oder Lastwähler, die eigene Ausdehnungsräume oder getrennte Ausdehnungsgefäße besitzen, müssen mit Flüssigkeitsstandanzeigern ausgerüstet werden.

5.1.4 Sicherheitsbestimmungen für Schutzeinrichtungen gegen Druckerhöhung

Um die Gefahr von Feuer oder Explosion aufgrund einer internen Störung im Gefäß des Lastumschalters oder Lastwählers zu verringern, ist eine oder mehrere der folgenden Schutzeinrichtungen einzubauen.

ANMERKUNG 1 Der Feinwählerraum von Stufenschaltern für das Umgebungsmedium Luft ist normalerweise mit einem Buchholzrelais des Haupttransformators verbunden. Es soll ebenfalls daran gedacht werden, zwischen dem Behälter, in dem der Feinwähler untergebracht ist, und dem Ausdehnungsgefäß ein separates Buchholzrelais einzubauen.

ANMERKUNG 2 Für solche Laststufenschalter, die keinen Leistungslichtbogen erzeugen und in abgedichteten Gefäßen untergebracht sind, dürfen auch andere Schutzeinrichtungen verwendet werden.

5.1.4.1 Flüssigkeitsströmungsrelais

Das Flüssigkeitsströmungsrelais, eingebaut in die Rohrleitung zwischen Oberteil des Lastumschalters oder Lastwählers und flüssigkeitsgefülltem Ausdehnungsgefäß, spricht bei einer vorgegebenen Flüssigkeitsströmung an und ermöglicht dadurch die Abschaltung des Transformators.

5.1.4.2 Druckwellenschutz

Der Druckwellenschutz spricht an, wenn der Druck im flüssigkeitsgefüllten Gefäß des Lastumschalters oder Lastwählers einen vorgegebenen Wert überschreitet, und ermöglicht dadurch die Abschaltung des Transformators.

5.1.4.3 Druckentlastungseinrichtung

Die Druckentlastungseinrichtung öffnet beim Überschreiten eines vorgegebenen Druckwertes und schützt dadurch das flüssigkeitsgefüllte Gefäß des Lastumschalters oder Lastwählers.

Wenn eine Druckentlastungsvorrichtung die einzige Schutzeinrichtung darstellt, ist diese auch mit Meldekons-takten auszustatten, damit dadurch eine Abschaltung des Transformators ermöglicht wird.

ANMERKUNG Wenn eine Druckentlastungseinrichtung vorhanden ist, so kann diese mit einer selbstschließenden Membran ausgerüstet sein. Es soll auch in Erwägung gezogen werden, einen Abfluss von der Druckentlastungs-einrichtung in Form von Rohrleitungen oder Kanälen anzubringen, um Personal vor der austretenden Flüssigkeit zu schützen. Der Einsatz solcher Einrichtungen muss zwischen Hersteller und Auftraggeber vereinbart werden.

5.1.5 Begrenzungseinrichtungen zum Schutz gegen transiente Überspannungen

Für Laststufenschalter mit eingebauten Begrenzungseinrichtungen für transiente Überspannungen muss der Hersteller des Laststufenschalters genaue Angaben über die Schutzeigenschaften und etwaige Einschränkungen machen, die während der Prüfung des fertiggestellten Transformators zu beachten sind.

5.1.6 Wiederkehrspannungen am Vorwähler

Wenn die Vorwähler für die Grob-/Feinstufenschaltung oder für die Zu- und Gegenschaltung schalten, wird die Anzapfwicklung für einen Moment freigeschaltet. Dies kann während der Kontakttrennung aufgrund der kapazitiven Kopplung der Anzapfwicklung zu(r) benachbarten Wicklung(en) hohe Wiederkehrspannungen über den Vorwählerkontakten hervorrufen. Der Hersteller des Laststufenschalters muss alle begrenzenden Schaltbedingungen für den Vorwähler des Laststufenschalters angeben.

ANMERKUNG Für weitere Details zu Auswahl, Steuerkreisen und -einrichtungen und Empfehlungen für die Prüfung des Transformators siehe IEC 60214-2.

5.1.7 Streuinduktivität bei Grob-/Feinstufenschaltung

Beim Schalten vom Ende der Feinstufenwicklung auf das Ende der Grobstufenwicklung mit Laststufenschaltern mit Widerstandsprinzip kann eine hohe Streuinduktivität verursacht werden, hervorgerufen durch die zwei in Reihe geschalteten aber vom Strom gegensinnig durchflossenen Wicklungen. Dies kann im Lastumschalter oder Lastwähler eine Phasenverschiebung zwischen dem zu schaltenden Strom und der Wiederkehrspannung hervorrufen. Dies kann im Schalter zu verlängerten Lichtbogenzeiten führen.

Der Hersteller des Laststufenschalters muss alle Schaltleistungsgrenzen angeben.

ANMERKUNG Für weitere Details zu Auswahl und Wicklungsanordnungen bezüglich der Streuinduktivität siehe IEC 60214-2.

5.2 Typprüfungen

Die folgenden Typprüfungen sind nach Abschluss der Entwicklung an Mustern des betreffenden Laststufen-schalters oder an gleichwertigen Bauteilen durchzuführen, vorausgesetzt, der Hersteller kann nachweisen,

dass die wesentlichen Prüfbedingungen und -ergebnisse durch die Prüfung von Bauteilen anstelle der Prüfung des kompletten Laststufenschalters nicht beeinflusst werden.

- Messung der Kontaktübertemperatur (siehe 5.2.1);
- Schaltleistungsprüfungen (siehe 5.2.2);
- Prüfung mit Kurzzeitstrom (siehe 5.2.3);
- Prüfung der Überschaltempedanz (siehe 5.2.4);
- Mechanische Prüfungen (siehe 5.2.5);
- Spannungsprüfungen (siehe 5.2.6).

5.2.1 Messung der Kontaktübertemperatur

Diese Prüfungen sind für jede im Betrieb den Durchgangsstrom dauernd führende Kontaktart durchzuführen, um nachzuweisen, dass die Übertemperatur gegenüber dem umgebenden Medium im Beharrungszustand bei Belastung mit dem 1,2fachen Bemessungs-Durchgangsstrom die Werte nach Tabelle 2 nicht überschreitet.

Für Laststufenschalter mit Reaktorprinzip werden sich die höchsten Übertemperaturen in der Brückenstellung zeigen. Der Strom in der Brückenstellung wird sowohl durch den Durchgangsstrom als auch durch den Ausgleichsstrom und den Leistungsfaktor des Durchgangstroms bestimmt. Die Typprüfung muss in der Brückenstellung mit Strömen durchgeführt werden, die auf der folgenden Grundlage berechnet werden:

- a) Der Durchgangsstrom muss das 1,2fache des maximalen Bemessungs-Durchgangsstroms betragen.
- b) Der Ausgleichsstrom muss 50 % des maximalen Bemessungs-Durchgangsstroms betragen (hiervon abweichende Werte müssen vom Hersteller spezifiziert und im Typprüfprotokoll angegeben werden).
- c) Der Leistungsfaktor muss 80 % betragen ($\cos \varphi = 0,8$).

Mit Erfüllung dieser Bedingungen wird die Überlastbarkeit nach 4.3 nachgewiesen.

Tabelle 2 – Zulässige Kontaktübertemperaturen

Kontaktwerkstoff	In Luft K	In Flüssigkeit K
Kupfer	35	20
Kupfer mit Silberauflage/Legierungen	65	20
Andere Werkstoffe	Nach Vereinbarung	20

ANMERKUNG Wenn Kontakte über lange Zeiträume in einer Position betrieben werden, kann es zur Bildung von Ölkohle kommen.

Falls das Umgebungsmedium eine Flüssigkeit ist, muss die Prüfung bei Umgebungstemperatur durchgeführt werden.

Die Temperatur des Umgebungsmediums ist in einem Abstand ≥ 25 mm unter den Kontakten zu messen.

Die Temperaturen sind mit Thermoelementen oder anderen geeigneten Einrichtungen zu messen, die auf der Kontaktoberfläche möglichst nahe der Kontaktstelle anzuordnen sind.

Der Beharrungszustand der Temperatur wird als erreicht angesehen, wenn sich die Temperaturdifferenz zwischen dem Kontakt und dem Umgebungsmedium um nicht mehr als 1 K im Verlauf einer Stunde ändert.

ANMERKUNG Der Querschnitt und die Isolierung des Leiters, der den Strom zum Prüfling führt, sollen angegeben werden.