

Dies sind VDE-Bestimmungen im Sinne von VDE 0022/1.64.

Inhalt

I. Gültigkeit

- § 1 Geltungsbeginn 2
- § 2 Geltungsbereich 2

II. Begriffserklärungen

**A. Wirkungsweise, Bestandteile und Arten von
Stelltransformatoren**

- § 3 Grundbegriffe 2
- § 4 Bestandteile 3
- § 5 Betriebsarten 4
- § 6 Anschlußmittel und Schaltungen 5

B. Elektrische Begriffe

- § 7 Nennwerte 6
- § 8 Spannungen 7
- § 9 Kurzschlußspannung 8
- § 10 Ströme 8
- § 11 Erwärmung 8
- § 12 Kühlungsarten 9

III. Anforderungen

- § 13 Aufschriften und Begleitpapiere 9
- § 14 Schutz gegen zufälliges Berühren und gegen
zu hohe Berührungsspannung 11
- § 15 Überlastbarkeit und Kurzschlußfestigkeit 12
- § 16 Aufbau 12
- § 17 Kriech- und Luftstrecken 13
- § 18 Anschlüsse und Klemmen 13
- § 19 Anschluß des Schutzleiters 14
- § 20 Schubwicklung 15
- § 21 Stellvorrichtung 15
- § 22 Schutz gegen äußere Einflüsse 15
- § 23 Korrosionsschutz 16
- § 24 Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe 1
- § 25 Zulässige Übertemperaturen 16
- § 26 Höchstzulässige Dauertemperaturen für
äußere Teile 20
- § 27 Betriebswarmer Zustand 20

IV. Prüfungen

A. Allgemeines

- § 28 Allgemeines über die Prüfungen 21

B. Nachweis des Isoliervermögens

- § 29 Wicklungsprüfung 22
- § 30 Windungsprüfung 22
- § 31 Wiederholung der Spannungsprüfung 23

C. Verlustmessungen

- § 32 Leerlaufmessung 23
- § 33 Kurzschlußmessung 23

D. Erwärmungsmessungen

- § 34 Bedingungen und Dauer der
Erwärmungsmessung 24
- § 35 Bestimmung der Wicklungsübertemperatur 24
- § 36 Bestimmung der Temperatur des Eisenkernes, des
Öles, der Handräder, Knöpfe oder dgl. 25
- § 37 Bestimmung der Kühlmitteltemperatur 25

E. Sonstige Messungen und Prüfungen

- § 38 Messung der Nennlastspannung oder der höchsten
Leerlaufspannung und der Schaltgruppe 25
- § 39 Prüfung der Spannungseinstellung 25
- § 40 Prüfung der Schutzleiterverbindungen 25
- § 41 Prüfung der Schutzeinrichtungen 26
- § 42 Prüfung der Stellvorrichtung 26
- § 43 Prüfung auf mechanische Festigkeit 26
- § 44 Zulässige Abweichungen 27
- § 45 Weitere VDE-Bestimmungen, VDE-
Druckschriften und DIN-Normen 27

Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) e.V.

Die vorliegende Fassung gilt, bis eine Änderung oder Neufassung
gemäß einer Bekanntmachung in der ETZ in Kraft tritt.

I. Gültigkeit

§ 1

Geltungsbeginn

- a) Diese Bestimmungen gelten ab 1. Mai 1969¹⁾.

§ 2

Geltungsbereich

- a) Diese Bestimmungen gelten für Stelltransformatoren [§ 3 a) 1] für Nenn-Eingangsspannungen bis 1000 V und Frequenzen bis 500 Hz.
- b) Ausgenommen sind Sicherheitstransformatoren mit Stellvorrichtung.

II. Begriffserklärungen

A) Wirkungsweise, Bestandteile und Arten von Stelltransformatoren

§ 3

Grundbegriffe

Im Rahmen dieser Bestimmungen werden die nachstehend erklärten Begriffe verwendet:

a) Allgemeine Begriffe

1. **Stelltransformatoren** sind **Sondertransformatoren**, deren Übersetzungsverhältnis durch quer zur Windungstrichtung bewegte Stromabnehmer auf Wicklungen mit Kontaktbahnen ohne Drehung der Phasenlage praktisch stufenlos – auch unter Belastung – geändert werden kann.
2. **Ortsveränderlich** sind Betriebsmittel, die im normalen Gebrauch, d.h. unter Spannung stehend, bewegt werden oder bewegt werden können.
3. **Ortsfest** sind Betriebsmittel, die nur mit Hilfe von Werkzeug von ihrem Aufstellungsort entfernt werden können.
Hierunter versteht man auch solche Betriebsmittel, die zur Herstellung des Anschlusses oder zur Reinigung begrenzt bewegbar, aber durch einen festen Anschluß an den Aufstellungsort gebunden sind.

In Fahrzeugen fest eingebaute Betriebsmittel gelten als ortsfest.

b) Arten von Stelltransformatoren

1. **Ringstelltransformatoren** sind Stelltransformatoren, deren Wicklungen auf einen ringförmigen Kern aufgebracht sind.
2. **Säulenstelltransformatoren** sind Stelltransformatoren mit säulenförmigen Kernen, bei denen mindestens ein Schenkel mit Wicklung versehen ist.

1) Genehmigt durch den Vorstand des VDE im März 1969, bekanntgegeben in ETZ-B 1968 Heft 15 und ETZ-B 1969 Heft 7/8.

§ 4

Bestandteile

- a) Der **Eisenkern** ist Träger des magnetischen Flusses.
 - 1. **Schenkel** sind die vorwiegend bewickelten Teile des Eisenkerns.
 - 2. **Joche** und gegebenenfalls **Rückschlußschenkel** sind die vorwiegend unbewickelten Teile des Eisenkerns.
- b) **Kernarten** bei Säulenstelltransformatoren
 - 1. **Kerntransformatoren**: Mehrere parallelachsige Schenkel sind durch Joche magnetisch miteinander verbunden.
 - 2. **Manteltransformatoren**: Joche und Rückschlußschenkel umhüllen die Wicklungen eines oder mehrerer gleichachsiger Schenkel.
- c) **Wicklungen** sind die Träger der elektrischen Durchflutung.
 - 1. **Wicklungsstrang** ist die Gesamtheit der zu einer Phase eines Mehrphasensystems gehörenden Windungen einer Spannungsseite.
 - 2. **Wicklung** ist die Gesamtheit der Wicklungsstränge einer Spannungsseite.
 - 3. **Stellwicklung** ist der Wicklungsteil mit Kontaktbahn, der zur praktisch stufenlosen Änderung des Übersetzungsverhältnisses dient.
 - 4. **Festwicklung** ist die Wicklung oder der Wicklungsteil, der keine Einrichtung zur praktisch stufenlosen Änderung des Übersetzungsverhältnisses hat.
 - 5. **Schubwicklung** ist eine Wicklung, die zur Unterdrückung unerwünschter Streufelder vorgesehen ist.
Die Festwicklung oder Teile dieser Wicklung können als Schubwicklung ausgebildet sein.
- d) **Stromabnehmer** ist die Gesamtheit der bewegten Kontaktelemente, die der Stromübertragung von der Kontaktbahn bis zur Ableitung an die Durchführungen oder Klemmen dienen.
- e) **Ausgleichsdrossel** ist ein induktiver (transformatoreischer) Spannungs- oder Stromteiler, der zum Zusammenschalten von Stromkreisen mit kleinen Spannungsunterschieden dient.
- f) **Antrieb** ist die Gesamtheit der Teile, die zur Übertragung der Antriebsenergie z. B. vom Handrad oder Motor auf den oder die Stromabnehmer dienen.
- g) **Anschlußmittel**
 - 1. **Klemmen** sind die Anschlußstellen des Stelltransformators.
 - 2. **Durchführungen** dienen zum isolierten Herausführen der Wicklungsanschlüsse z. B. aus dem Gehäuse oder Ölkessel.

§ 5

Betriebsarten

- a) **Dauerbetrieb (DB):** Die Betriebszeit ist mindestens so lang, daß die Beharrungstemperatur erreicht wird.
- b) **Kurzzeitbetrieb (KB):** Die als zulässig angegebene Betriebszeit ist so kurz, daß die Beharrungstemperatur nicht erreicht wird. Die folgende Betriebspause, in der die Stelltransformatoren nicht erregt sind, ist aber lang genug, um die Abkühlung auf Umgebungstemperatur zu erreichen.
- c) **Aussetzbetrieb (AB):** Die als zulässig angegebene Betriebszeit ist so kurz, daß die Beharrungstemperatur nicht erreicht wird. Die folgende Betriebspause, in der die Stelltransformatoren nicht erregt sind, ist jedoch nicht lang genug, um die Abkühlung auf Umgebungstemperatur zu erreichen.
- d) **Durchlaufbetrieb mit Kurzzeitbelastung (DKB):** Die Stelltransformatoren sind dauernd erregt, die angegebene zulässige Belastungszeit ist so kurz, daß die Beharrungstemperatur nicht erreicht wird. Die folgende Belastungspause ist aber lang genug, um die Abkühlung auf Beharrungstemperatur im Leerlauf zu erreichen.
- e) **Durchlaufbetrieb mit Aussetzbelastung (DAB):** Die Stelltransformatoren sind dauernd erregt, die angegebene zulässige Belastungszeit ist so kurz, daß die Beharrungstemperatur nicht erreicht wird. Die folgende Belastungspause ist jedoch nicht lang genug, um die Abkühlung auf Beharrungstemperatur im Leerlauf zu erreichen.
- f) **Relative Einschaltdauer (ED)** ist das Verhältnis der Betriebszeit zur Summe von Betriebszeit und nachfolgender Pause.

Bei unterschiedlich langen Betriebszeiten bzw. Pausen wird sie als Mittelwert über eine genügend lange Zeit berechnet.
- g) **Erschwelter Betrieb (EB)** von Stelltransformatoren ist der Betrieb unter außergewöhnlichen elektrischen Bedingungen, wie z. B.:
 - 1. keine Bewegung des Stromabnehmers über längere Zeiträume (24 h),
 - 2. häufiges Zu- und Abschalten unter Last,
 - 3. Betrieb mit einer Strombelastung, bei der das Verhältnis Effektivwert zu Gleichrichtwert $\geq 1,15$ ist (z. B. Anschnittsteuerung).
- h) **Normaler Betrieb** von Stelltransformatoren ist der Betrieb, bei dem außergewöhnliche elektrische Bedingungen nicht auftreten.

§ 6

A n s c h l u ß m i t t e l u n d S c h a l t u n g e n

a) Anschlußmittel

1. F e s t e r A n s c h l u ß ist ein Anschluß, der nur mit Werkzeug hergestellt und gelöst werden kann.

Der feste Anschluß an eine fest verlegte Leitung kann direkt oder über eine bewegliche, beiderseits fest angeschlossene Leitung vorgenommen werden.

2. F e s t e A n s c h l u ß l e i t u n g ist eine bewegliche Leitung, die am Stelltransformator, zu dem sie gehört, fest angeschlossen ist und zur Verbindung mit dem Versorgungsnetz einen Stecker besitzt.

b) Schaltungen

1. Bei Einphasen-Stelltransformatoren unterscheidet man folgende Schaltungen:

- 1.1. getrennte Wicklungen (Ii)
- 1.2. Sparschaltungen siehe c) 2

2. Bei Dreiphasen-Stelltransformatoren unterscheidet man folgende Schaltungen der Wicklungsstränge:

- 2.1. Dreieckschaltung (D, d)
- 2.2. Sternschaltung (Y, y)
- 2.3. offene Schaltung (III, iii)
- 2.4. Sparschaltungen siehe c) 2

Bei Zweiwicklungs-Stelltransformatoren wird die Schaltung der Festwicklung durch große, die der Stellwicklung durch kleine Kennbuchstaben bezeichnet.

In der Schaltgruppe werden die großen den kleinen Kennbuchstaben vorangestellt.

c) Kennzahl

1. Die Kennzahl gibt an, um welches Vielfache von 30° der Zeiger der Ausgangsspannung gegen den der Eingangsspannung mit zugeordneter Klemmenbezeichnung im Gegenuhrzeigersinn nacheilt. Dieser Winkel zwischen den Spannungszeigern kann zwischen 0 und 360° liegen. Den Klemmen U, V, W der Festwicklung sind die Klemmen u, v, w der Stellwicklung zugeordnet.

Die Kennzahl wird ermittelt, indem man die aufeinandergezeichneten und mit den Klemmenbezeichnungen beschrifteten Zeigerbilder der Schaltungen der beiden Wicklungen mit einem Uhrzifferblatt so zur Deckung bringt, daß der mit V bezeichnete Punkt der Schaltung der Festwicklung mit der Ziffer 12 (ent-

sprechend 0) zusammenfällt. An dem mit v bezeichneten Punkt der Schaltungsdarstellung für die Stellwicklung ist dann die Kennzahl für die Schaltgruppe abzulesen.

Dabei eilt der Zeiger der Sternspannung der Stellwicklung dem Zeiger der Sternspannung der Festwicklung um einen Winkel nach, der das durch die Kennzahl angegebene Vielfache von 30° ist.

2. Stelltransformatoren in Sparschaltung erhalten die Kennzahlen Null, z. B. I0, D0, Y0.
- d) Schaltgruppe nach VDE 0532.

B) Elektrische Begriffe

§ 7

Nennwerte

Nenn- und Reihenwerte sind Größen, mit denen die Stelltransformatoren gekennzeichnet werden.

- a) **Nennbetrieb** ist der Betrieb eines Stelltransformators mit Nenneingangsspannung, Nennstrom, Nennfrequenz und mit der auf dem Leistungsschild angegebenen Betriebsart. Die Nenneingangsspannung und der Nennstrom beziehen sich auf den jeweils zugeordneten Stellbereich.
- b) **Nennfrequenz** (f_N) ist die Frequenz, für die der Stelltransformator bestimmt und bemessen ist.

Bei Isolationsprüfungen (§§ 29 und 30) kann die Prüffrequenz von der Nennfrequenz abweichen.

- c) **Nennspannungen**

1. **Nenneingangsspannung** (U_{NE}) ist die bei Nennbetrieb an der Eingangsseite auftretende Spannung, für die der Stelltransformator bestimmt und bemessen ist.

Ist der Stellbereich auf der Eingangsseite, so ist die Nenneingangsspannung vom Hersteller zu bestimmen.

2. **Nennlastspannung** (Ausgangsseite) (U_{NA}) ist die bei Belastung mit Nennstrom und $\cos \varphi = 1$ auftretende höchste Spannung bei Nennspannung und Nennfrequenz an der Eingangsseite.

Bei Stelltransformatoren mit eingangsseitiger Einstellung ist dies die ausgangsseitige Festspannung.

Die Nennspannung von dreiphasigen Stelltransformatoren ist die Leiterspannung der zum Stern oder Dreieck zusammengeschalteten Wicklungen oder von Einphasentransformatoren für Dreiphasensätze die Strangspannung.

- d) **Nennstellbereich** ist der Bereich zwischen der Nennspannung und der höchsten oder niedrigsten einstellbaren Spannung

eines Stelltransformators bei Belastung mit Nennstrom und $\cos \varphi = 1$ mit einer Erregung, die der Nennspannung oder ihrem Schwankungsbereich entspricht.

Der Nennstellbereich wird gewöhnlich in Prozent der Eingangs- oder Ausgangsspannung ausgedrückt (z. B. $220 \text{ V} \pm 20 \%$).

- e) **Nennübersetzung** bei Belastung ist das ungekürzte Verhältnis der Nennspannung zum Nennstellbereich des Stelltransformators oder des Nennstellbereiches zur Nennlastspannung. Beispiele:

- 1) $220 \text{ V} / 0 \text{ bis } 220 \text{ V}$ oder
- 2) $220 \text{ V} \pm 10 \% / 220 \text{ V}$.

- f) **Nennstrom** (I_N) ist der Klemmenstrom an der Ausgangsseite des Stelltransformators, für den er bestimmt und bemessen ist.

Dies ist:

bei ausgangsseitiger Einstellung der Klemmenstrom im Stromabnehmerkreis,

bei eingangsseitiger Einstellung der Klemmenstrom der Ausgangsseite bei Nenneingangsspannung (U_{NE}).

- g) **Nennleistung** (P_N)

Die Leistung von Stelltransformatoren ist abhängig von der Stromabnehmerstellung. Als Nennleistung wird festgelegt:

1. Bei Einphasen-Stelltransformatoren ist die Nennleistung das Produkt aus Nennlastspannung und Nennstrom.
2. Bei Dreiphasen-Stelltransformatoren in Dreieck- oder Sternschaltung ist die Nennleistung das Produkt aus Nennlastspannung, Nennstrom und dem Faktor $\sqrt{3}$.
3. Bei Dreiphasen-Stelltransformatoren in offener Schaltung ist die Nennleistung das Produkt aus Nennlastspannung, Nennstrom der drei Schenkel und dem Faktor 3.
4. Bei drei zum Dreieck oder Stern zusammengeschalteten Einphasen-Stelltransformatoren ist die Nennleistung das Produkt aus Nennlastspannung, Nennstrom der Einphasen-Stelltransformatoren und dem Faktor 3.

§ 8

Spannungen

- a) **Leiterspannung** (U_L) ist die Spannung zwischen den Klemmen, an die die Hauptleiter angeschlossen werden.

Bei Dreiphasensystemen wird die Leiterspannung auch als Dreiecksspannung bezeichnet.

- b) **Sternspannung** (U_{ph}) ist im Dreiphasensystem die Spannung zwischen einer Hauptleiterklemme und dem Schwerpunkt des Spannungsdreiecks. Sie wird im symmetrischen Dreiphasensystem in der Form Leiterspannung $U_L/\sqrt{3}$ angegeben.

- c) **S t r a n g s p a n n u n g** (U_{str}) ist im Dreiphasensystem die Spannung zwischen den Enden eines Wicklungsstranges.
- d) **L e e r l a u f s p a n n u n g** (U_0) ist die Spannung zwischen den Klemmen eines mit Nennspannung erregten Transformators auf der unbelasteten Ausgangsseite.

§ 9

K u r z s c h l u ß s p a n n u n g

- a) **D i e K u r z s c h l u ß s p a n n u n g** (U_k) eines Stelltransformators ist die auf der Eingangsseite anzulegende Spannung, die erforderlich ist, um bei Nennfrequenz den Nennstrom zu erhalten, wenn die Ausgangsseite kurzgeschlossen ist.
Stelltransformatoren haben keine feste Kurzschlußspannung, sondern einen Kurzschluß-Spannungsbereich entsprechend der Stellung des Stromabnehmers.
- b) **O h m s c h e r S p a n n u n g s a b f a l l** (U_R) ist der Wirkanteil der Kurzschlußspannung U_k .
- c) **S t r e u s p a n n u n g** (U_X) ist der Blindanteil der Kurzschlußspannung U_k .

§ 10

S t r ö m e

- a) **K l e m m e n s t r o m** (I_{kl}) ist der Strom, der durch eine Klemme fließt. Bei Wicklungen mit Anzapfungen ist jedem Anschluß ein Klemmenstrom zugeordnet.
- b) **L e e r l a u f s t r o m** (I_0) ist der Klemmenstrom auf der Eingangsseite des Transformators bei Nennspannung, unbelasteter Ausgangsseite und aufliegendem Stromabnehmer.

§ 11

E r w ä r m u n g

- a) **T e m p e r a t u r e r h ö h u n g** ist der Unterschied der Temperaturen eines Körpers oder Bauteiles am Ende und zu Beginn des Erwärmungsvorganges, an derselben Stelle gemessen.
- b) **Ü b e r t e m p e r a t u r** eines Körpers oder Bauteiles ist der Unterschied zwischen seiner Temperatur und der Eintrittstemperatur des Kühlmittels zum selben Zeitpunkt.
 - 1. **E n d - Ü b e r t e m p e r a t u r** (Θ_e) ist die Übertemperatur am Ende eines Erwärmungsvorganges.

2. **Beharrungs-Übertemperatur (Θ_b)** ist die Übertemperatur, bei der sich der Gleichgewichtszustand zwischen zugeführter und abgeführter Wärme eingestellt hat.
- c) **Mittlere Zeitkonstante (T_m)** der Erwärmung ist diejenige Zeit, nach deren Ablauf der Körper 63 % seiner Beharrungs-Übertemperatur erreicht hat.
- Die Ermittlung der Zeitkonstante aus der Tangente an den Ursprung der Erwärmungskurve (Übertemperatur abhängig von der Zeit) führt bei Stelltransformatoren zu falschen Ergebnissen, da der Körper nicht homogen ist, die Wicklungsverluste und Wärmeübergangsziffern temperaturabhängig sind und die Erwärmungskurve daher nicht genau einer Exponentialfunktion folgt.
- Bei Ölstelltransformatoren beträgt die Zeitkonstante für den zeitlichen Verlauf des Anstieges der Übertemperatur des Öles mehrere Stunden, für den zeitlichen Verlauf des Anstieges der Übertemperatur der Wicklung gegenüber dem Öl dagegen nur einige Minuten.
- d) **Dauertemperatur (ϑ_d)** eines Körpers oder Bauteiles ist die Temperatur, die sich bei Dauerbetrieb [§5 a)] einstellt. Sie ist gleich der Summe aus der Eintrittstemperatur des Kühlmittels und der Beharrungs-Übertemperatur.

§ 12

Kühlungsarten

- a) **Selbstkühlung (S)**: Der Stelltransformator wird durch natürlichen Zug und Strahlung gekühlt.
- b) **Erzwungene (forcierte) Luftkühlung (F)**: Der Stelltransformator wird durch Luft gekühlt, die von Lüftern bewegt wird.

III. Anforderungen

§ 13

Aufschriften und Begleitpapiere

- a) Stelltransformatoren müssen mit einem Leistungsschild versehen werden, das so anzubringen ist, daß es am gebrauchsfertigen Stelltransformator leicht zu lesen ist.
- b) Auf dem Leistungsschild sind dauerhaft und gut lesbar folgende Angaben zu machen:
1. Ursprungszeichen (Name oder Firmenzeichen des Herstellers).
 2. Typenbezeichnung oder Katalognummer.
 3. Nennübersetzung.
Als Nennspannungen sind stets die an den Klemmen anstehenden Spannungen anzugeben.
 4. Nennstrom.
 5. Nennfrequenz.