Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 15 (1924)

Heft: 2

Artikel: Bewertung von Transformatoren auf Grund der Leistungsschild- und Garantieangaben

Autor: Fischer, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057063

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bei der direkten Erdung sind Dauerverluste und Spannungsverlagerungen nicht vorhanden. Gering sind diese Erscheinungen bei der induktiven Nullpunktserdung vermittels einer Dissonanzlöschspule; dagegen kommen dauernde Eisenverluste bei der Polerdung und dauernde Kupferverluste bei dem System der Netzleiterverkettung in Betracht. Die Kosten der direkten Erdung werden annähernd die gleichen sein, als die Kosten der Aufstellung einer Dissonanzlöschspule. Dagegen sind die Polerdungsspulen (Löschtransformator) und die Netzverkettungsspulen, hauptsächlich der erforderlichen hohen Isolation und der Dauerverluste wegen, erheblich teurer als die vorgenannten Einrichtungen.

Bewertung von Transformatoren auf Grund der Leistungsschild- und Garantieangaben.

Von *J. Fischer,* Ingenieur, Baden.

Bei der Prüfung und Bewertung von Transformatoren kann in der Schweiz auf verschiedene Regeln abgestellt werden, da schweizerische Vorschriften zurzeit nicht existieren. Der Autor erläutert die unterschiedliche Auslegung der hauptsächlichsten Garantieangaben nach drei Betrachtungssystemen anhand eines Zahlenbeispiels. Als Schlussfolgerung wird die Angabe der als Garantiebasis angewendeten Rechnungsmethode gefordert, bis möglichst rasch vom S.E.V. aufzustellende Vorschriften als einheitliche Schweizernormalien erklärt werden können. Die Aufnahme der Grundgedanken der amerikanischen Vorschriften in die aufzustellenden schweizerischen Normalien wird empfohlen.

Comme il n'existe pas, en Suisse, pour l'instant de prescriptions officielles au sujet des conditions à remplir par les transformateurs, on peut pour évaluer leur valeur, partir de différents points de vue. En traitant un exemple l'auteur explique trois manières de procéder différentes. Il est d'avis, qu'en attendant l'élaboration de prescriptions par les soins de l'A.S.E., l'acheteur devrait demander à son fournisseur plus de précision dans les garanties. L'auteur trouve que les normes suisses devront être établies sur les mêmes considérations que les normes admises aux Etats Unis.

Bei der Bewertung von Transformatoren auf Grund der Leistungsschild- und Garantieangaben stösst man bei näherem Zusehen auf eine gewisse Unsicherheit. So paradox es scheinen mag, so können doch Transformatoren mit genau gleichen Garantieangaben beim Anschluss an das gleiche Netz verschiedene Daten wie Eisenverluste, Kupferverluste und Leerlaufstrom aufweisen. Es ist aber auch möglich, dass bei verschiedenen Garantieangaben die betreffenden Transformatoren im aktiven Teil ganz genau gleich ausgeführt sind. Die innere Begründung dieser Eigentümlichkeit kann natürlich nur in der Anwendung verschiedener Vorschriften als Rechnungsbasis zu suchen sein.

Da zurzeit keine schweizerischen Vorschriften über das fragliche Gebiet existieren, können mit gleicher Berechtigung sowohl die amerikanischen als auch die deutschen Normen als Grundlage gewählt werden. Daneben ist in der Geschäftspraxis teilweise noch eine dritte Methode üblich, welche in keiner Vorschrift exakt zum Ausdruck kommt. Für den Transformatorkäufer können diese Unterschiede nicht gleichgültig sein, zumal der Einfluss der verschiedenartigen Betrachtungsweisen auf die Garantien gar nicht so klein ist, speziell bei Transformatoren mit hohen Kurzschlussspannungen, die unter kleinem $\cos\varphi_2$ arbeiten.

Das Charakteristische der drei angegebenen Normen bezw. Betrachtungsweisen besteht in folgendem:

1. AIEE 1922[1]): Die Leistungsangabe bezieht sich auf die abgegebene Leistung. Die Primärspannung wird als reguliert angenommen, so dass an den Sekundärklemmen des Transformators bei Leerlauf und Vollast, unabhäng vom $\cos\varphi_2$, konstante Spannung herrscht. Die Leerlaufverluste werden bei annähernd derjenigen Spannung gemessen, welche bei Vollast und $\cos\varphi_2 = 1$ im Transformator induzierend wirkt. Die Kupferverluste werden bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung gemessen, wobei der Nennstrom in den Sekundärwindungen fliessen muss.

---

[1]) Standards of the American Institute of Electrical Engineers 1922; im folgenden kurz „AIEE" genannt.

100 kVA Einphasen-Transformator.

$\frac{10\,000}{384}$ Volt bei Vollast und $\cos\varphi_2 = 0{,}8$, 50 Frequenz.

Die in den Offerten aufgeführten Daten sind in Kursivschrift gedruckt, die übrigen Werte dienen nur zur Orientierung.

Tabelle 1

	Dimension	I AIEE	II RET 1923	III RET 1923	IV Teilw. übl. Geschäftspraxis
Spannungen beim Leerlauf	Volt	$\frac{9600}{384}$	$\frac{10\,000}{400}$		$\frac{10\,000}{400}$
Anzuwendende Primärspannung bei Belastung mit Vollast und $\cos\varphi_2 = 0{,}8$	Volt	*10 000*	*10 000*		*10 000*
Sekundär-Klemmenspannung bei vorstehender Belastung	Volt	*384*	*(385)* [1]	*384*	*384*
Leistung nach Schildaufschrift	kVA	*100*	*100*	*104*	*100*
Disponible Leistung an den Sekundärklemmen	kVA	100	96,2	100	100
Ströme nach Schildaufschrift	Amp.	$\frac{10{,}25}{260}$ [2]	$\frac{10}{250}$	$\frac{10{,}4}{260}$	$\frac{10{,}25}{260}$
Ströme beim Kurzschlussversuch	Amp.	$\frac{10{,}4}{260}$	$\frac{10}{250}$	$\frac{10{,}4}{260}$	$\frac{10{,}4}{260}$
Widerstandsverluste beim Versuch:					
Primärwicklung	Watt	1000	925	1000	1000
Sekundärwicklung	Watt	1000	925	1000	1000
Summe	Watt	*2000*	*1850*	*2000*	*2000*
Leerlaufverlust-Messung:					
Anzuwendende Primärspannung	Volt	9696	10 000		10 000
Leerlaufverluste	Watt	*564*	*600*		*600*
Summe der Verluste	Watt	2564	2450	2600	2600
Wirkungsgrad η konventionell	%	*97,50*	Wird nicht angegeben	97,47 [3]	*97,47*
Ohmscher Spannungsabfall	%	*2,00*	*1,85*	*1,92*	*1,92*
Streuspannung	%	4,3	3,96	*4,12*	*4,12*
Kurzschlusspannung	%	*4,74*	*4,35*	*4,55*	*4,55*
Spannungsänderung bei $\cos\varphi_2 = 0{,}8$	%	*4,18*	*3,86*	*4*	*4*
Leerlaufstrom in % des Vollaststromes	%	6 [4]	*7,3*		

[1]) Die Daten nach Kolonne II, gültig für eine *Aufnahme* von 100 kVA und 96,2 kVA Abgabe sind noch für 100 kVA Abgabe umgerechnet und in Kolonne III aufgeführt worden. Bei der Belastungssteigerung von 96,2 auf 100 kVA Abgabe sinkt dann die Sekundärklemmenspannung von 385 Volt, nach Kolonne II, auf den verlangten Wert von 384 Volt.

[2]) Bezüglich der Primärstromstärke für die Schildangabe enthalten die AIEE keine Angaben.

[3]) Konventioneller Wirkungsgrad $\eta\,\% = \frac{100 \text{ Abgabe}}{\text{Abgabe} + \text{gemessene Leerlauf-} + \text{Widerstandsverluste}}$. Er ist für Kolonne III nur vergleichsweise berechnet worden. Da ein Transformator durch Leistung und Verluste hinlänglich definiert ist, wurde von seiner Aufnahme in die VDE abgesehen. Soll er dennoch bestimmt werden, so ist, wenn Garantien nach VDE vorliegen, erst eine entsprechende Umrechnung vorzunehmen.

[4]) Bei Anwendung von 9696 Volt, d. i. bei der Leerlaufverlust-Messung.

2. RET 1923 [2]): Die Leistungsangabe bezieht sich auf die aufgenommene Leistung (über die Einschränkung dieser Angabe siehe Anhang). Die Primärspannung wird als konstant angenommen, die Verbraucherspannung sinkt mit wachsender Belastung ($\cos\varphi_2 =$ konstant vorausgesetzt). Die Leer-

[2]) Vorschriften und Normen des Verbandes deutscher Elektrotechniker, elfte Auflage; Abschnitt 14: Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren. RET 1923.

laufverluste werden unter Anwendung der Nennprimärspannung gemessen. Zur Messung der Kupferverluste muss bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung Nennstrom in den Primärwindungen fliessen.

3. Teilweise übliche Geschäftspraxis: Die Leistungsangabe bezieht sich auf die abgegebene Leistung. Bezüglich der Primärspannung und Leerlaufverlustmessung herrscht Uebereinstimmung mit den RET 1923; die Kupferverluste werden nach AIEE gemessen.

Die Auswirkung dieser drei verschiedenartigen Grundlagen möge an einem Zahlenbeispiel betrachtet werden.

Beispiel: Es seien die Garantieangaben für folgende Verhältnisse verlangt:

Leistung	Oberspannung	Unterspg., Vollast u. $\cos\varphi_2 = 0{,}8$	Frequenz	Phasenzahl
100 kVA	10000 Volt	384 Volt	50	1

Um die Gegenüberstellung recht anschaulich zu gestalten, sei die willkürliche Annahme gemacht, dass drei hinsichtlich des Aufwandes an aktivem Material genau gleiche Transformatoren den Gegenüberstellungen zugrunde liegen. (Tabelle I).

Würde man aus den Zahlenwerten dieser Tabelle, ohne Berücksichtigung der gemachten Voraussetzungen, Schlüsse auf die qualitativen Eigenschaften der aufgeführten Transformatoren schliessen, so käme man zu folgendem Resultat:

Transformator I ist hinsichtlich Leerlaufverluste, Wirkungsgrad und Leerlaufstrom der günstigste; Kurzschlusspannung und Spannungsänderung bei $\cos\varphi_2 = 0{,}8$ ist etwas grösser als bei den übrigen Transformatoren.

Transformator II hat die geringsten Kupferverluste. Der Transformator erlaubt eine Leistungssteigerung auf 104 kVA, damit seine Kupferverluste gleich denjenigen der übrigen Transformatoren werden. Die Daten für die gesteigerte Leistung (104 kVA) entsprechen den Werten nach Kolonne III.

Transformator IV ist von den übrigen in keinem Punkt ausgezeichnet, scheint also der ungünstigste zu sein.

Tabelle II

Garantien bezw. Werte nach Schildanschrift	nach AIEE	nach RET 1923	nach teilweise üblicher Geschäftspraxis
Leistung	P	$P = u' P'$	$P = P''$
Widerstandsverluste	P_r	$P_r = P_r'$	$P_r = P_r''$
Leerlaufverluste	P	$P_{fe} = v'^2 P_{fe}'$	$P_{fe} = v''^2 P''$
Leerlaufstrom	I_o	$I_o = v'^{4 \div 5} I_o'$	$I_o = v''^{4 \div 5} I_o''$
Ohmscher Spannungsabfall	E	$E_r = \frac{1}{u'} E_r$	$E_r = \frac{1}{u''} E_r''$
Streuspannung	E_s	$E_s = \frac{1}{u'} E_s'$	$E_s = \frac{1}{u''} E_s''$
Kurzschlusspannung	E_k	$E_k = \frac{1}{u'} E_k'$	$E_k = \frac{1}{u''} E_k''$
Spannungsänderung $\cos\varphi_2 < 1$	$E\varphi$	$E\varphi = \frac{1}{u'} E\varphi'$	$E\varphi = \frac{1}{u''} E\varphi''$

Darin bedeuten noch:

$$u' = \left(1 - \frac{E\varphi'\,\%}{100}\right); \quad v' = \left(1 - \frac{E\varphi'\,\% - \frac{E_r'\,\%}{2}}{100}\right)^{1)} \quad u'' = \left(1 - \frac{E\varphi''\,\%}{100}\right); \quad v'' = \left(1 - \frac{E\varphi''\,\% - \frac{E_r''\,\%}{2}}{100}\right)^{1)}$$

1) Unter Berücksichtigung der vereinfachenden Annahme, dass der prozentuale ohmsche Spannungsabfall in Primär- und Sekundärwicklung annähernd gleich gross sei.

In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse aber ganz anders. Für alle drei Transformatoren können die genau gleichen Daten garantiert werden, da sie ja innerlich genau gleich sind. Die vermeintlichen Unterschiede in den elektrischen Daten rühren nur von den gewählten Betrachtungssystemen her. Ganz unzutreffend ist z. B., vergleichsweise zu den übrigen Transformatoren, die Beurteilung von Transformator II. Für 100 kVA *Abgabe* gerechnet, zeichnet er sich vor dem ungünstigsten Transformator IV bereits nicht mehr aus.

Diese Tatsachen mahnen den Transformatorkäufer zur Vorsicht. Ehe seitens des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (S.E.V.) für unsere inländischen Marktverhältnisse Regeln für die Bewertung von Transformatoren aufgestellt sind, wird es sich empfehlen, die Angabe der einer Offerte zugrunde liegenden Norm als integrierenden Bestandteil zur Offerte zu verlangen. Sind verschiedene Vorschriften gewählt worden, so mag zur näherungsweisen Umrechnung auf AIEE als einheitliche Basis Tabelle II dienen.

Die einzelnen Garantien nach RET 1923 sind mit ', diejenigen der teilweise üblichen Geschäftspraxis mit " bezeichnet.

Anhang.

Die verschiedenartige Bewertung eines Transformators nach drei durchaus gleichberechtigten, aber ungleiche Resultate liefernden Betrachtungssystemen, bedeutet für die schweizerischen Marktverhältnisse ein unbedingter Nachteil, der möglichst durch eine rasche Stellungnahme des S. E. V. behoben werden sollte. Dabei wird man sich neben der Leistungsdefinition als aufgenommene oder abgegebene Leistung auch darüber entscheiden müssen, ob die Primärspannung als regulierte oder konstante Spannung angenommen werden kann. Praktisch dürfte eine Regulierung der Primärspannung das häufigste darstellen, so dass die amerikanischen Vorschriften die wirklichen Verhältnisse am ehesten treffen, sowohl für Verteiltransformatoren als auch für Transformatoren am Anfang einer langen Uebertragungsleitung. Speziell bei dem letzt angegebenen Verwendungszweck werden im Betrieb die nach den amerikanischen Vorschriften gemessenen Leerlaufverluste eher unterschritten werden, da ja die primärseitige Spannungsregulierung so gross sein muss, um die Spannungsabfälle der Verteiltransformatoren, Uebertragungsleitung (hier unter Berücksichtigung allfälliger Spannungserhöhungen durch die Netzkapazität) und des betreffenden Transformators zu decken.

Bezüglich der Leistung weisen die RET 1923 eine gewisse Merkwürdigkeit auf: sie soll für die Normalstufe gelten. Bei einem Transformator ohne Anzapfungen fällt diese mit der der vollen Windungszahl entsprechenden Spannung überein, bei Transformatoren mit Anzapfungen auf Stufe II[3]) wenn insgesamt max. 10 % Windungen abschaltbar sind. Ist der Prozentsatz der insgesamt abschaltbaren Windungen grösser als 10 %, so ist die Normalstufe besonders zu vereinbaren.[4]) Eine derartige Festsetzung bedingt eine Vergrösserung aller Transformatorenmodelle um den, bei allfälligem Verlangen nach Anzapfungen, nötigen Mehrkupferaufwand noch im Eisengestell unterbringen zu können. Das muss natürlich auf den Käufer in Form eines höheren Anschaffungspreises zurückwirken. Im Gegensatz dazu bestimmen die amerikanischen Vorschriften lediglich, dass eine eindeutige Festsetzung zu erfolgen habe, ob die Anzapfungen Volleistungsanzapfungen oder Reduziertleistungsanzapfungen sind. Eine allgemeine Vergrösserung der Transformatorenmodelle und damit auch die preistechnische Auswirkung wird damit vermieden.[5])

Die Definition der Leistung als abgegebene Leistung ist offenbar derjenigen einer aufgenommenen Leistung vorzuziehen, womit auch mit den Normen über

[3]) Volle Windungszahl = Stufe I, nächstniedrigere Windungszahl = Stufe II.
[4]) VDE, elfte Auflage, Seite 130, § 7.
[5]) AIEE Standards 1922, Seite 64, Absatz 6032.

Maschinen Uebereinstimmung erzielt wird (auch die VDE 1923 bezeichnen als Nennleistung einer Maschine deren Abgabe).[6])

Bezüglich der Messung der Leerlaufverluste müssen die amerikanischen Vorschriften wiederum als die praktischen Verhältnisse am nächsttreffenden bezeichnet werden. Nach den AIEE Standards hat die Messung der Leerlaufverluste bei Nennfrequenz und offener Sekundärwicklung zu erfolgen, wobei die aufzudrückende Primärspannung so gewählt werden muss, dass sie die Nennsekundärspannung, vermehrt um den ohmschen Spannungsabfall in der Sekundärwicklung, unter Nennlastbedingungen erzeugt.[7]) Die so gemessenen Verluste sind noch etwas höher als die Eisenverluste bei Vollast und $\cos \varphi_2 = 1$. Sie sind aber auch grösser als die bei Leerlauf des Transformators wirklich auftretenden, da bei Leerlauf die anzuwendende Primärspannung nur zirka Nennprimärspannung ist ($E_{nenn} = E_2 \cdot$ Verhältnis der Windungszahlen).

Zusammenfassend können die AIEE Standards als die praktischen Verhältnisse am ehesten treffend bezeichnet werden, so dass sich die Aufnahme ihrer Grundgedanken in die aufzustellenden schweizerischen Vorschriften empfiehlt.

[6]) VDE 1923, Seite 124.
[7]) AIEE Standards 1922, Seite 73, Absatz 6336.

Elektrostatische Spannungsmesser mit vollkommen abgeschirmtem Luftkondensator.

Von *Prof. A. Imhof,* Dipl.-Ing., Winterthur.

Der Autor beschreibt einen elektrostatischen Spannungsmesser zur Messung sehr hoher Spannungsdifferenzen zwischen zwei Leitern, von denen keiner mit der Erde verbunden zu sein braucht.

L'auteur décrit un voltmètre statique pour très hautes tensions qui donne des indications précises aussi quand les deux pôles restent isolés de la terre.

Elektrostatische Spannungsmesser mit einem vorgeschalteten Kondensator zur Erhöhung des Messbereiches erfordern, wie dies bei früherer Gelegenheit[1]) dargetan wurde, eine Abschirmung derjenigen Metallteile, die weder mit dem einen noch mit dem andern Pol direkt verbunden sind, derart, dass die Zahl der von diesen Teilen ausgehenden elektrischen Linien möglichst konstant ist. Dies wurde in praktisch genügender Weise erreicht durch eine Disposition, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist. Die Abschirmung wird durch einen Metallring bewirkt, oder in Fig. 2 (darstellend ein transportables Voltmeter für die Messbereiche 75 und 150 kV) durch eine grosse Metallschale. Ohne diese Abschirmung wäre die Kapazität gegen Erde je nach Distanz geerdeter Körper variabel und damit die Spannung, welche auf das Messgerät entfällt. Die Einfachheit ist bei diesem Aufbau eine kaum mehr übertreffbare, ebenso die Möglichkeit der Einregulierung auf den gewünschten Messbereich und die Anpassungsfähigkeit an verschiedenste Messbereiche. Sobald aber die Bedingung eines geerdeten Anschlusses fallen gelassen wird, genügt nur noch eine ganz vollkommene Abschirmung, wenn nicht die Angaben des Instrumentes vom Isolationszustand der angeschlossenen Leitungen abhängig sein sollen.

Das Problem, statische Spannungsmesser nicht nur zur Messung der Spannungsdifferenz gegen Erde, sondern der Spannungsdifferenz zweier nicht geerdeter Leitungen benützen zu können, führte den Verfasser im Auftrag der Firma Trüb, Täuber & Co. zur Konstruktion eines vollkommen abgeschirmten Kondensators, der dabei eine technisch noch gut geeignete Grösse und Form besitzen muss und doch Luftkondensator bleiben sollte. Fig. 3 zeigt einen solchen Kondensator schematisch, Fig. 4 ein vollständiges Instrument, bestehend aus Kondensator und darangebautem Messgerät (Skala entfernt) in der Ansicht. Der Kondensator ist zylinderförmig und

[1]) Bulletin 1920, No. 5, Seite 99 u. ff.