Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 106 (2015)
Heft: 5

Artikel: Neue Anforderungen an Transformatoren
Autor: Carlen, Martin / Lauper, Heinz / Schlegel, Walter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856651

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: 13.07.2025

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

Neue Anforderungen an Transformatoren

Übernahme einer neuen EU-Ökodesign-Verordnung

Die Europäische Union hat 2014 eine neue Verordnung erlassen, die Anforderungen an die Energieeffizienz von Verteil- und Leistungstransformatoren spezifiziert. Ab Juli 2015 sind diese Anforderungen für alle neu in Betrieb gesetzten Transformatoren in EU- und EWR-Ländern gesetzlich bindend. Die Schweiz plant, die Verordnung per Mitte 2015 ebenfalls zu übernehmen. Die Autoren rechnen mit begrenzten Auswirkungen für die meisten schweizerischen EVUs.

Martin Carlen, Heinz Lauper, Walter Schlegel

Das Europäische Parlament und der Europäische Rat haben 2009 die Richtlinie 2009/125/EG «zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte» verabschiedet – die sogenannte «Ökodesign»-Richtlinie.[1] Das Ziel ist ein effizienterer Endverbrauch von Elektrizität sowie eine Harmonisierung nationaler Vorschriften zur Vermeidung von Handelshemmnissen und unlauterem Wettbewerb. Die Richtlinie gilt auch für die EWR-Länder Norwegen, Island und Liechtenstein.

Die Ökodesign-Richtlinie betrifft alle Produkte, auf die ein bedeutender Teil des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Energie entfällt. Für jedes dieser Produkte wird eine separate Verordnung mit produktspezifischen Anforderungen erstellt. Dazu gehörende «Harmonisierte Normen» sollen den Herstellern dabei helfen, die im Rahmen der Richtlinien erlassenen Durchführungsmassnahmen anzuwenden, beispielsweise um Mess- und Prüfverfahren zu definieren.

Verordnungen bestehen mittlerweile für über 20 Produkte, u.a. für Haushaltsgeräte wie Waschmaschinen, Backöfen, Dunstabzüge, Geschirrspüler, Kühlschränke, Computer, Fernseher, Elektromotoren.

Transformatoren wurden ebenfalls als energieverbrauchsrelevante Produkte identifiziert. Eine entsprechende Verordnung 548/2014/EU wurde im Juni 2014 in Kraft gesetzt. Die Verordnung ist auf der EUR-LEX-Webseite in verschiedenen Sprachen verfügbar [2].

Obwohl die Schweiz nicht EU-Mitglied ist, beeinflusst EU-Recht in zahlreichen Gebieten die schweizerische Gesetzgebung deutlich. Staatsverträge und schweizerische Erlasse verweisen auf EU-Recht oder übernehmen im Rahmen des autonomen Nachvollzugs Konzepte aus dem EU-Recht. Einerseits stehen wirtschaftliche Interessen dahinter, denn identische Normen und Vorschriften erleichtern Schweizer Herstellern den Export. Inländische Abnehmer profitieren von günstigeren Preisen von für den Euroraum produzierten Importprodukten, u.a. im Verteilnetzbereich, da dort meist standardisierte Transformatoren eingesetzt werden. Andererseits decken sich auch nationale Interessen oft mit den EU-Interessen, besonders im Bereich Effizienzsteigerung. Die Energieeffizienz ist ein wichtiger Pfeiler der Energiestrategie 2050 des Bundesrates. Eine Senkung des Energieverbrauchs in der Schweiz verringert auch die Auslandabhängigkeit unserer Energieversorgung. Die Steigerung der Energieeffizienz ist das wichtigste Instrument, um den Energieverbrauch ohne Einbussen an Nutzen zu senken.

Einsparpotenzial

Als Vorbereitung zur Erstellung der Verordnung 548/2014/EU wurde in mehreren Studien das Einsparpotenzial für die EU analysiert. [3] Von den gesamten Netzverlusten (Tabelle 1) entfällt ein

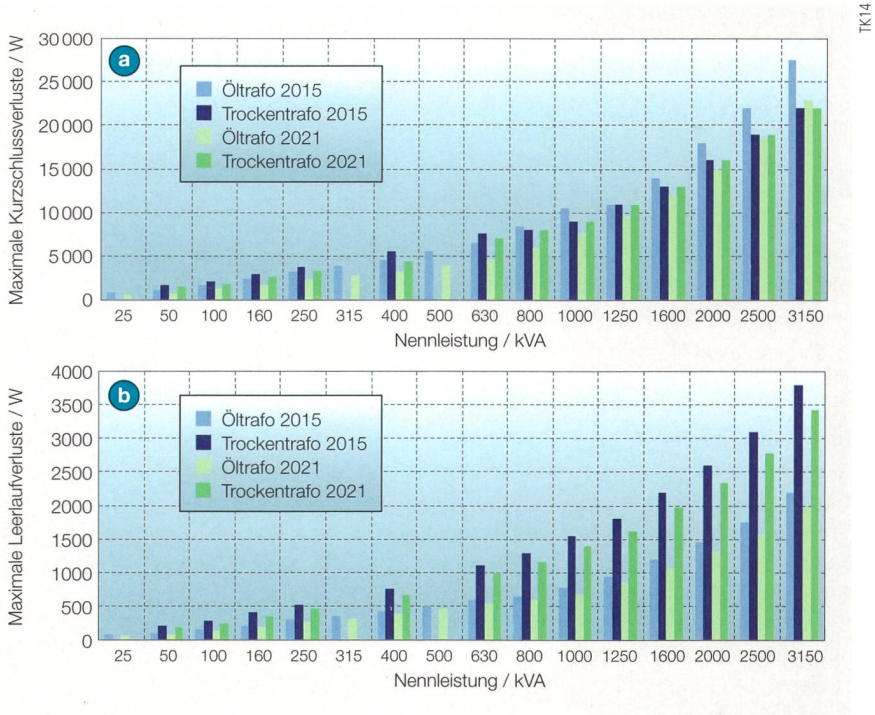


Bild 1 a) Maximale Kurzschlussverluste für ölgefüllte und Trocken-Verteiltrafos mit Primärspannung zwischen 1,1 und 24 kV, b) Maximale Leerlaufverluste.

	EU		Schweiz	
Jahr	2005	2020	2000	2020
Endverbrauch / TWh	2772	3432	51,9	59,2
Netzverluste / TWh	199	241	4,2	4.8
Total / TWh	2973	3673	56,1	64,0

Tabelle 1 Jährlicher Energieverbrauch und Netzverluste in der EU und in der Schweiz. Die Schweizer Angaben basieren auf den Energieperspektiven 2050, einer Studie von Prognos im Auftrag des BFE, 12. September 2012. Die Verluste werden dabei mit 7,5 % des Endverbrauchs angenommen.

Typ		EU-27	Schweiz
Leistungstrafo	total installiert	70 000	2 700
	jährlich neu	3 500	100
Verteil- und Industrietrafo	total installiert	5 040 000	75 000
	jährlich neu	150 000	2 000

Tabelle 2 Anzahl installierter Trafos und jährliche Neuanschaffungen.

bedeutender Teil auf Transformatoren. Die Gesamtverluste aller Transformatoren in den 27 Mitgliedstaaten der EU beliefen sich im Jahr 2008 auf 93 TWh. Im Vergleich dazu beträgt der jährliche Endverbrauch an Elektrizität in der Schweiz knapp 60 TWh.

In den Ländern der EU-27 sind über 5 Millionen Transformatoren installiert, in der Schweiz sind es gegen 80 000 (Tabelle 2).

Eine Schätzung des Verbesserungspotenzials durch effizientere Bauformen für die EU-27 und das Jahr 2025 ergibt eine Energieeinsparung von 16 TWh jährlich.

Für die Schweiz wurde im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE) eine Studie erstellt.[4] Darin werden die jährlichen Verluste der in der Schweiz installierten Verteiltrafos auf 406 GWh geschätzt. Bei Energie- und Netznutzungskosten von 0.15 CHF/kWh entspricht dies einem Gegenwert von über 60 Mio. Fr. Bei Verwendung der besten Technologie (amorphes Kernblech) können die Verluste halbiert werden. Da die Leerlaufverluste im Kernblech des Transformators auch bei geringer Übertragungsleistung ständig voll anfallen, ist deren Reduktion besonders wichtig.

Da die typische Einsatzdauer von Transformatoren 25 bis 40 Jahre beträgt, diese teilweise aber sogar über 60 Jahre eingesetzt werden, wirkt sich eine Erhöhung von Effizienzvorschriften für neue Transformatoren nicht unmittelbar aus, sondern kommt erst verzögert zur Geltung. Würden alle aktuell installierten Transformatoren durch solche gemäss Vorgaben der EU-Verordnung ersetzt, rechnen die Autoren mit einer jährlichen Energieeinsparung von 120 GWh (Stufe 1) resp. 170 GWh (Stufe 2). Vergleicht man dies mit Transformatoren, wie sie typischerweise in den letzten Jahren gekauft wurden, betragen die Einsparungen rund 40 GWh resp. 70 GWh.

EU-Verordnung für Transformatorverluste

Die EU-Verordnung 548/2014/EU gilt für alle 50-Hz-Transformatoren in Übertragungs- oder Verteilnetzen sowie in industriellen Anwendungen. Sie unterscheidet drei Typen von Transformatoren:

- Kleinleistungstransformator (KLT): Niederspannungstransformatoren mit höchster Spannung für Betriebsmittel $U_m \leq 1{,}1$ kV.
- Mittelleistungstransformator (MLT): Verteiltransformatoren mit $1{,}1 \leq U_m \leq 36$ kV und Nennleistung $5\ \text{kVA} \leq S \leq 40$ MVA.
- Grossleistungstransformator (GLT): Leistungstransformatoren mit $U_m > 36$ kV oder $S > 40$ MVA.

Für KLTs bestehen keine Anforderungen an Verluste. Für MLTs bis zu einer Nennleistung von 3,15 MVA sind maximale Werte für die Leerlauf- und Kurzschlussverluste definiert. Für MLTs mit einer Nennleistung über 3,15 MVA und für GLTs ist ein Minimalwert für deren Energieeffizienz vorgegeben. Verlust- und Effizienzwerte unterscheiden sich für ölgefüllte und Trockentransformatoren.

Die entsprechenden Werte gelten für alle nach dem 1. Juli 2015 erstmals in Betrieb genommenen Transformatoren

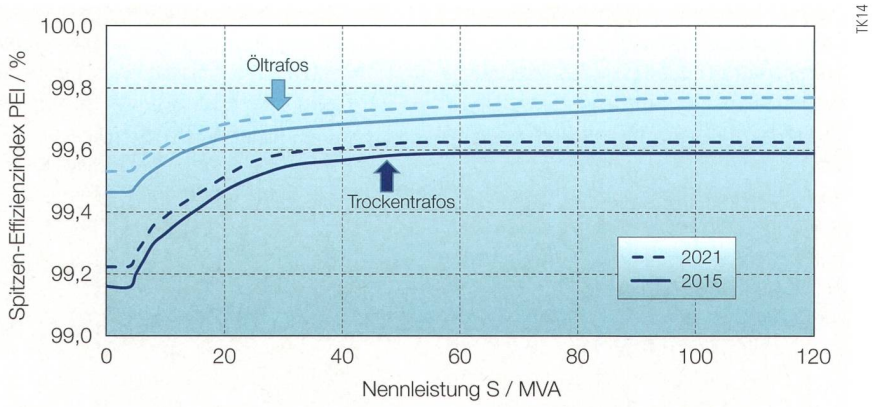


Bild 2 Minimale Werte des Effizienzindexes für Öl- und Trockentransformatoren mit Um>36 kV.

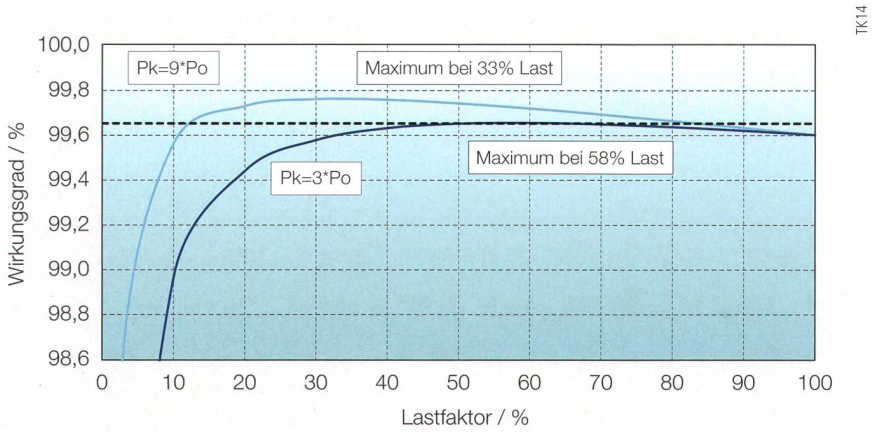


Bild 3 Abhängigkeit des Wirkungsgrades vom Lastfaktor für zwei Transformatoren mit gleichem Gesamtverlust, aber unterschiedlicher Aufteilung zwischen Leerlauf- und Kurzschlussverlust. Die gestrichelte Linie steht für einen minimalen PEI von 99,65 %.

WWZ

Bild 4 Ölgefüllte Verteiltransformatoren in Trafostation.

(Stufe 1). Transformatoren mit niedrigeren Verlusten respektive höherer Effizienz können natürlich weiterhin verwendet werden. Per 1. Juli 2021 werden die jeweiligen Werte nochmals um ca. 10 % verschärft (Stufe 2).

Wichtig ist zu wissen, dass auf allen in der Richtlinie aufgeführten Werten keine Toleranzen bestehen, d.h. die im Messprotokoll des Herstellers ausgewiesenen maximalen Verlust- respektive minimalen PEI-Werte dürfen die in den Tabellen aufgeführten Werte nicht über- resp. unterschreiten. Dies steht im Gegensatz zur IEC-Definition, die einen Toleranzbereich von +15 % auf die einzelnen spezifizierten Verlustwerte zulässt. Falls die Verlustwerte niedriger als die maximalen Verlustwerte der EU-Verordnung sind, gilt auf diese aber weiterhin der IEC-Toleranzwert, respektive eine allfällige andere Vereinbarung zwischen Hersteller und Kunde.

Verteiltransformatoren

Die für MLTs **(Bild 4)** geltenden Verlustwerte für Spannungen bis 24 kV sind aus **Bild 1** ersichtlich. Für die Festlegung der Werte hat man sich an den bisherigen Cenelec-Normen für die Verluste von Verteiltrafos EN 50464-1 (Öltrafos) und EN 50541-1 (Trockentrafos) orientiert und die Bezeichnung der entsprechenden Verlustklassen beibehalten.

Zuschläge von 5 % bis 20 % zu den maximalen Verlustwerten sind erlaubt,

- falls die Primärspannung über 24 kV oder die Sekundärspannung über 1,1 kV liegt,
- falls die Wicklungen für mehrere Spannungen ausgelegt sind,
- falls es sich um unter Last regulierbare Transformatoren (Ront) handelt.

Für Verteiltransformatoren zur Mastmontage bestehen aus Gewichtsgründen ebenfalls spezielle Werte. Für MLTs mit einer Nennleistung über 3,15 MVA enthält die Verordnung minimale PEI-Werte.

Leistungstransformatoren

Für GLTs **(Bild 5)** ist ein sogenannter minimaler «Spitzen-Effizienzindex» PEI (peak efficiency index) definiert. Aus **Bild 2** sind die minimalen PEI-Werte für GLTs ersichtlich.

Der Trafo-Wirkungsgrad ist abhängig vom Lastfaktor und berechnet sich nach **Formel 1**. Der PEI-Wert entspricht dem Wirkungsgrad des Transformators beim Lastfaktor mit maximalem Wirkungsgrad. Wie hoch dieser Lastfaktor ist, hängt von der beabsichtigten Verwendung des Trafos und dessen Auslegung ab. Die Leerlaufverluste sind konstant, die Kurzschlussverluste nehmen hingegen quadratisch mit der Last zu. Die maximale Effizienz ergibt sich bei demjenigen Lastfaktor, bei dem Leerlauf- und Kurzschlussverluste gleich hoch sind **(Bild 3)**.

$$Wirkungsgrad = \frac{Ausgangsleistung}{Eingangsleistung} = \frac{Eingangsleistung - Verluste}{Eingangsleistung}$$

Formel 1 Wirkungsgradbestimmung.

$$PEI = 1 - \frac{2(P_0 + P_{c0})}{S_r \sqrt{\frac{P_0 + P_{c0}}{P_k}}}$$

Formel 2 Peak Efficiency Index.
P_0: Leerlaufverluste, P_{c0}: Leistung für Kühlung bei Leerlauf, P_k: Kurzschlussverluste.

Ohne Verlustanforderungen

Gewisse Trafotypen haben spezielle technische Anforderungen oder sind selten. Für sie gelten die Verlust-/Effizienzanforderungen nicht (Art. 2, Abs. 2, 548/2014/EC). Dies ist z.B. für Trafos für Gleich- und Umrichteranwendungen der Fall, da deren Ströme einen hohen Anteil an Oberschwingungen enthalten können sowie oft mehrere Sekundärwicklungen und Erdungsschirme vorhanden sind **(Bild 6)**, sowie für besonders grosse Leistungstransformatoren (ab 4 MVA), die technisch nicht auf Ecodesign ausgelegt werden können oder wenn bei gleichwertigem Ersatz am gleichen Standort Transport oder Installation einen unverhältnismässigen Aufwand erfordern.

CE-Kennzeichnung

Die Ökodesign-Richtlinie verlangt die CE-Kennzeichnung der betroffenen Produkte (Selbstdeklaration). Zudem muss der Hersteller eine Konformitätserklä-

ABB

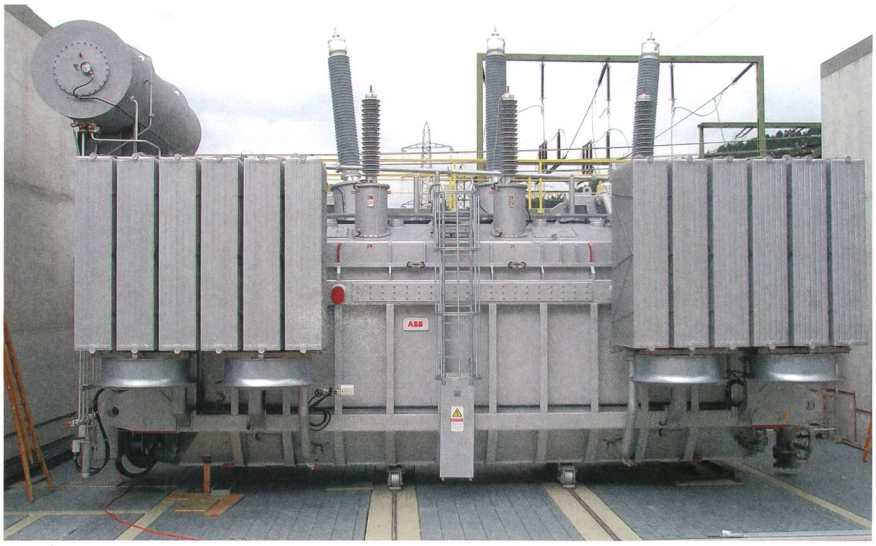
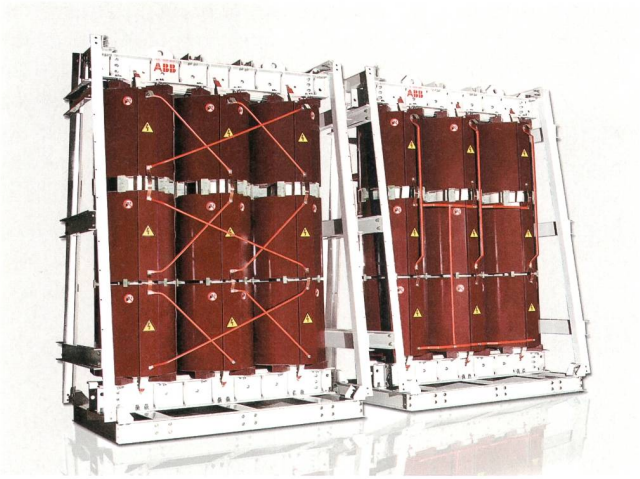


Bild 5 250 MVA Phasenschieber-Transformator im Unterwerk Fällanden.



ABB

Bild 6 Trockentransformator für Umrichteranwendung

rung ausstellen, in der die jeweiligen Verordnungen, Richtlinien und Normen explizit aufgeführt sind. Die Verordnung verlangt ferner, dass gewisse Angaben in der Produkteinformation aufgeführt sind. Diese umfassen neben Verlust- resp. PEI-Werten auch Gewicht und Art von Kern- und Wicklungsmaterialien.

Harmonisierte Normen EN 50588-1 und EN 50629

EN 50588-1 gilt für Verteiltrafos bis 36 kV (MLT) und ersetzt EN 50464-1 und EN 50541-1. Neben den in der Verordnung 548/2014/EC aufgeführten Verlustklassen enthält die Norm noch eine weitere Klasse für Leerlaufverluste «AAA0», die für amorphe Kerne gilt, wobei AAA0 nur etwa die Hälfte von A0 beträgt. EN 50629 gilt für GLTs. Bis anhin existierte keine äquivalente Norm. Die Normen enthalten weitere Details zu Prüfverfahren, Toleranzen und Messungenauigkeiten, Angaben auf Leistungsschildern, Verlustkapitalisierung und eine Herleitung der **Formel 2** für den PEI-Wert. Das Typenschild soll die gemessenen Verlust- resp. PEI-Werte enthalten. Die beiden Normenentwürfe werden momentan von der Arbeitsgruppe überarbeitet und den bei Cenelec angeschlossenen Ländern zur Genehmigung vorgelegt. Es wird damit gerechnet, dass sie im Juni 2015 in Kraft treten.

Übernahme der EU-Verordnung

Nebst den bereits oben erwähnten grundsätzlichen Interessen an einer Übernahme der EU-Verordnung besteht auch ein gesetzlicher Auftrag an die Netzbetreiber (StromVG Art 8 Abs 1 lit a) zur «Gewährleistung eines sicheren, leistungsfähigen und effizienten Netzes».

Hier kommt zudem Art. 8 aus dem Energiegesetz zur Anwendung. Der Bundesrat erlässt für serienmässig hergestellte Anlagen, Geräte und deren Bestandteile Vorschriften über die Anforderungen an das Inverkehrbringen, an die Angaben zum Energieverbrauch und zum energietechnischen Prüfverfahren. Diese werden in den Anhängen zur Energieverordnung (EnV) definiert. Genau dies wurde nun im Falle der Anforderungen an die Energieeffizienz von Leistungstransformatoren mit der kürzlich öffentlich aufgelegten Revision der EnV vorgeschlagen. Die Eingabefrist endete am 6. Februar 2015 und der Beschluss des Bundesrates wird für Mitte 2015 erwartet.

Die Einführung der Vorgaben der EU-Verordnung 548/2014 ist im Anschluss zu erwarten, wobei zuerst nur die Werte der Stufe 1 zur Anwendung kommen werden.

Für die Inverkehrbringung und Abgabe von Transformatoren mit Werten gemäss Stufe 1 werden Übergangsfristen vorgesehen. Danach dürfen keine Transformatoren mehr eingeführt resp. ab Lager in der Schweiz abgegeben werden. Die Gegebenheiten bei der Beschaffung von Mittel- und Grossleistungstransformatoren werden dabei voraussichtlich gesondert berücksichtigt. Exportierte Transformatoren sind nicht betroffen.

Auswirkungen aus EVU-Sicht

In der neuen EU-Verordnung und der EN 50588-1 resp. EN 50629 werden die maximalen Verluste bzw. der minimale PEI definiert. In der Schweiz wurden bisher die meisten Verteil- und Leistungstransformatoren bereits nach dem Prinzip der Verlustkapitalisierung beschafft, wobei die Schweiz viel höhere Kapitalisierungsfaktoren als viele europäischen Länder kennt. Dadurch ergeben sich automatisch Transformatoren mit niedrigen Verlusten. In der Schweiz werden typischerweise für die Leerlaufverluste Werte im Bereich A=16–22 CHF/W verwendet, in der EU dürften diese eher bei A=5–7 EUR/W liegen. Der Kapitalisierungsfaktor B für die Kurzschlussverluste ergibt sich dann mit quadratischer Ab-

ABB

Bild 7 Amorpher EcoDry Trockentransformator, im Unterwerk Fällanden seit 2010.

hängigkeit aus der angestrebten mittleren Auslastung (Lastfaktor) des Transformators (bei 50 % Last wird B=0,25A).

Bei den in den letzten Jahren beschafften Verteiltrafos waren die Kurzschlussverluste üblicherweise unter dem in der EU-Verordnung geforderten Wert. Nur die Leerlaufverluste müssen in den zukünftigen Beschaffungen neu spezifiziert werden. Durch den etwas grösser werdenden Eisenkern werden die Transformatoren geringfügig grösser und etwas schwerer. Die Abweichungen bei den Abmessungen einer konkreten Offerte betrugen ein paar Zentimeter und beim Gewicht einige zehn Kilogramm. Die genauen Änderungen differieren von Hersteller zu Hersteller, werden sich aber in engen Grenzen halten.

Wo nur der Einkaufspreis bei der Beschaffung der Transformatoren ausschlaggebend war, können die Anpassungen tiefgreifender sein. Durch die grösseren und schwereren Transformatoren kann es sein, dass die bisherigen Einbauarten und teilweise auch die Transportwege nicht mehr genügen.

Für die bis 2021 geforderten Werte müssen keine amorphen Kernbleche eingesetzt werden (Bild 7). Mit den bis heute eingesetzten Kernblechen oder bei Verwendung noch besserer konventioneller Blech-Qualitäten lassen sich diese Forderungen erfüllen. Das ist wichtig, denn Transformatoren mit amorphem Kernblech sind um einiges grösser, deutlich schwerer und lauter als die heute eingesetzten Transformatoren. Die Folgen eines solchen Wechsels wären wohl für jedes Schweizer EVU signifikant.

Auch Leistungstransformatoren wurden fast nur nach dem Prinzip der Verlustkapitalisierung beschafft. Die durch den Co-Autor über die letzten fünf Jahre beschafften Leistungstrafos erfüllten alle die Anforderung des PEI gemäss der EU-Verordnung. Es ist zu beachten, dass der PEI nicht bei Nennleistung gilt, sondern im Arbeitspunkt mit dem besten Wirkungsgrad. Wo dieser Arbeitspunkt liegt, ist vom Verhältnis der Kurzschluss- zu den Leerlaufverlusten abhängig. In der Praxis hat es sich bewährt, für die Leerlaufverluste und die Kurzschlussverluste je einen Wert für die Verlustkapitalisierung anzugeben. Damit kann der optimale Lastfaktor nach den Anforderungen des Betriebs einfach festgelegt werden.

Schlussfolgerungen

Hersteller und Anwender in EU- und EWR-Ländern müssen dafür sorgen, dass nur Produkte, die konform mit der EU-Verordnung 548/2014 sind, auf den europäischen Markt kommen oder dort nach dem 1. Juli 2015 in Betrieb genommen werden. Die Verordnung definiert maximale Verluste resp. minimale Energieeffizienzwerte für Verteil- und Leistungstransformatoren.

Durch die Übernahme der EU-Verordnung durch die Schweiz werden bei Ersatz der existierenden Transformatorflotte Einsparungen bei den Netzverlusten von 120–170 GWh pro Jahr erreicht, was einem Energiebezug von über 30 000 durchschnittlichen Haushalten entspricht. Die Einführung ist noch in diesem Jahr zu erwarten. Damit gelten in der Schweiz erstmals gesetzliche Vorgaben für Transformatorenverluste.

Die neue EU-Verordnung wird für die meisten schweizerischen EVUs kaum Folgen haben, denn die neu vorgeschriebenen Leerlaufverluste sind nur leicht tiefer als heute bereits typischerweise realisiert. Die neuen Kurzschlussverluste werden häufig bereits eingehalten. Allfällige Erhöhungen von Gewicht und Dimensionen der Trafos sind meist gering.

Referenzen

[1] Richtlinie 125/2009/EG, Amtsblatt der Europäischen Union, L 285, S. 10–35.
[2] Verordnung 548/2014/EU, Amtsblatt der Europäischen Union, L 152, S. 1–15 eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32014R0548.
[3] VITO, ErP Study: Lot 2 Distribution and Power Transformers 2010/ETE/R/106, January 2011.
[4] K. Dreyer, M. Steicher-Porte, «Marktstudie zu Bestand und energetischem Verbesserungs-Potential der installierten Verteiltransformatoren in der Schweiz», BFE-Publikation 290954, 25.3.2014.

Autoren

Dr. **Martin Carlen**, Produktmanager.
ABB, 8050 Zürich, martin.carlen@ch.abb.com

Heinz Lauper, Projektleiter Netze.
WWZ Energie AG, 6300 Zug, heinz.lauper@wwz.ch

Walter Schlegel, Fachspezialist Netze.
BFE, 3063 Ittigen, walter.schlegel@bfe.admin.ch

Dieser Beitrag entstand im Auftrag des Technischen Komitees TK14 «Transformatoren» des Schweizerischen Elektrotechnischen Komitees CES.
In der kommenden Juni-Ausgabe des Bulletins SEV/VSE wird ein Beitrag erscheinen, der die Energieeffizienz eher aus der Verteilnetztransformatoren-Perspektive präsentiert, basierend auf der BFE-Studie [4].

Résumé

De nouvelles exigences concernant les transformateurs

Adoption d'une nouvelle ordonnance de l'EU en matière d'écoconception

L'Union européenne a promulgué en 2014 un nouveau règlement qui spécifie les exigences relatives à l'efficacité énergétique des transformateurs de distribution et de puissance. À partir du mois de juillet 2015, ces exigences seront juridiquement contraignantes pour tous les nouveaux transformateurs mis en service dans les pays de l'UE et de l'EEE. La Suisse prévoit également de l'adopter d'ici la mi-2015, et ce, avec un délai de transition supplémentaire. Ce nouveau règlement n'aura guère de conséquences pour la plupart des entreprises d'approvisionnement en électricité suisses. En effet, les nouvelles pertes à vide prescrites ne sont que légèrement inférieures à celles qui sont d'ores et déjà typiquement enregistrées à l'heure actuelle. De plus, les nouvelles pertes dues à la charge ne sont déjà que rarement dépassées. Les éventuelles augmentations du poids et des dimensions des transformateurs seront donc la plupart du temps modérées. No

Anzeige

Die Beiträge dieser Ausgabe finden Sie auch unter
www.bulletin-online.ch