Energieeffizienz bei Transformatoren

Autor(en): **Carlen, Martin / Eggimann, Lukas / Hasler, Roland**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **111 (2020)**

Heft 12

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-914802

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Phasenschieber-Transformator von Swissgrid in Chippis.

Bilder: SGB-SMIT Group

Energieeffizienz bei Transformatoren

Entwicklungen der letzten Jahre und Ausblick | Für Transformatoren gelten seit 2015 Vorschriften bezüglich Verluste. Im Jahr 2021 werden diese weiter verschärft. Dieser Beitrag geht der Frage nach, wie sich diese Vorschriften auf den Schweizer Transformatorenmarkt ausgewirkt haben und was künftig zu erwarten ist.

MARTIN CARLEN, LUKAS EGGIMANN, ROLAND HASLER

Um Treibhausgasemissionen zu reduzieren, hatte die EU 2009 eine Richtlinie zur Schaffung von Anforderungen an «energieverbrauchsrelevante Produkte» erlassen (Ökodesign-Richtlinie). Leistungstransformatoren, definiert ab einer Nennleistung von 1 kVA, wurden als verbrauchsrelevant eingestuft und 2014 hat die EU dafür die Verordnung 548/2014 erlassen. Während bisher Trafoverluste von den Fachorganisationen nur als Empfehlung vorgegeben waren, wurden die maximalen Verlustwerte ab Mitte 2015 in der EU und der Schweiz gesetzlich bindend. Im Auftrag der TK14 «Transformatoren» des Comité Électrotechnique Suisse (CES), dem in der Schweiz für die Normen dieses Bereichs zuständigen Organs, wurden 2015 in einem Artikel in dieser Zeitschrift die Vorgaben präsentiert und die erwarteten Auswirkungen auf die Schweiz besprochen.[1] Dieser Beitrag schliesst an den damaligen an, analysiert und kommentiert die Umsetzung in der Schweiz und gibt einen Ausblick auf die bereits definierten und zu erwartenden künftigen Entwicklungen und Vorgaben.

Zur Erinnerung: 548/2014 definiert für Mittelleistungstransformatoren (MLT, Verteiltrafos) in Abhängigkeit der Trafo-Bemessungsleistung Maximalwerte für Leerlauf- und Kurzschlussverluste. Für Grossleistungstransformatoren (GLT) ist ein minimaler Peak Efficiency Index (PEI) definiert, der für eine Auslastung gilt, die dem maximalen Wirkungsgrad des Trafos entspricht. Der PEI bezeichnet den Höchstwert für das Verhältnis der abgegebenen zur aufgenommenen Scheinleistung des Transformators als Funktion der Auslastung, wobei neben

den elektrischen Verlusten auch der Leistungsbedarf zur Kühlung berücksichtigt werden muss. Ziel der PEI-Definition ist es, einen Trafo so auszulegen, dass er den höchsten Wirkungsgrad bei der Last ausweist, die er am häufigsten sieht. Für Kleinleistungstransformatoren, bei denen keine der Wicklungen für eine Betriebsspannung über 1,1 kV ausgelegt ist, wurden keine Verlustanforderungen definiert.

Anpassung der EU-Verordnung

Die EU hat eine zu 548/2014 ergänzende Verordnung 2019/1783 [2] erlassen, die per Mitte November 2019 in Kraft getreten ist. Diese enthält kaum substanzielle Änderungen, sondern Klarstellungen und kleinere Anpassungen. Die definierten maximalen Verlust- und PEI-Werte gelten weiterhin, ebenso das Inkrafttreten von Stufe 2 mit verschärften Anforderungen per 1. Juli 2021. Die wichtigsten Neuerungen mit Relevanz für die Schweiz sind:

- MLT: Die Definition für die maximale Nennleistung wurde auf 3150 kVA reduziert (früher 40 MVA). Die maximale Spannung beträgt weiterhin 36 kV, wobei eine der Wicklungen mindestens eine Nennspannung von 1,1 kV aufweisen muss. Alle Trafos mit höherer Leistung oder Spannung gehören zu den GLTs. Bemerkung: Diese Namensgebung resp. Klassifizierung entspricht nicht der in der Industrie üblichen Einteilung und wurde aus unserer Sicht unglücklich gewählt.
- Für die von der Verordnung ausgenommenen Trafos wird präzisiert, dass solche, die einen Gleichrichter speisen (Antriebstrafos), von den Anforderungen der Verordnung ausgenommen sind, solche, die aber beim Ausgang eines Wechselrichters stehen, wie dies bei Windturbinen- und PV-Anwendungen der Fall ist, der Verordnung unterliegen. Trafos zur Speisung von Bahnnetzen, sowie auf Zügen, und Erdungstrafos fallen weiterhin nicht unter die Verordnung. Neu sind auch Trafos, die zur Sicherheit von KKWs dienen, ausgenommen.
- Bisher war bei Ersatz eines Trafos und unverhältnismässig hohem Installations-, Transport- oder Anpassungsaufwand dieser von der Verordnung ausgenommen. Neu werden dafür Kriterien definiert. Es kann ein Trafo der Stufe 1 anstelle eines Stufe-2-Trafos eingesetzt werden, wenn der ausserordentliche Aufwand die kapitalisierten Verlustkosten eines Stufe-2-Trafos übersteigen. Dies gilt auch für die Neuinstallation eines GLT. Bei Ersatz von GLTs kann ferner, falls es keine technische Lösung gibt oder die Zusatzkosten bei einem Stufe-1-Trafo ebenfalls unverhältnismässig sind, auch auf Einhaltung der Anforderungen der Stufe 1 verzichtet werden.
- Für MLT gibt es eine Anpassung von Faktoren für erhöhte Verluste, falls die Sekundärspannung über 3,6 kV liegt, sowie für Trafos mit umschaltbarer Spannung.
- Für Trafos von 125 bis 200 MVA sind neu PEI-Werte für Stufe 2 definiert. Bisher galt der Wert des 100-MVA-Trafos.
- Für die Berechnung des PEI muss auch die Leistung von Kühlsystemen berücksichtigt werden, falls diese zum Betrieb des Trafos beim Lastfaktor, für den der PEI gilt, in Betrieb sein müssen.
- Um zu verhindern, dass durch Erneuerung von alten Trafos die Verlustanforderungen umgangen werden, müssen neu Trafos, bei denen der Kern oder Teile davon ersetzt werden sowie gleichzeitig mindestens eine Wicklung (bei einem dreiphasigen Trafo definiert gemäss IEC 60076-1 als die OS-, US- oder Regelwicklungen aller 3 Phasen) vollständig ersetzt wird, auch die Anforderungen der Verordnung erfüllen.
- Weiter wird festgelegt, dass bis 1. Juli 2023 ein Bericht bezüglich technischer Fortschritte und eine Empfehlung zu erstellen sind, ob eine weitere Stufe 3 definiert und eingeführt werden soll.

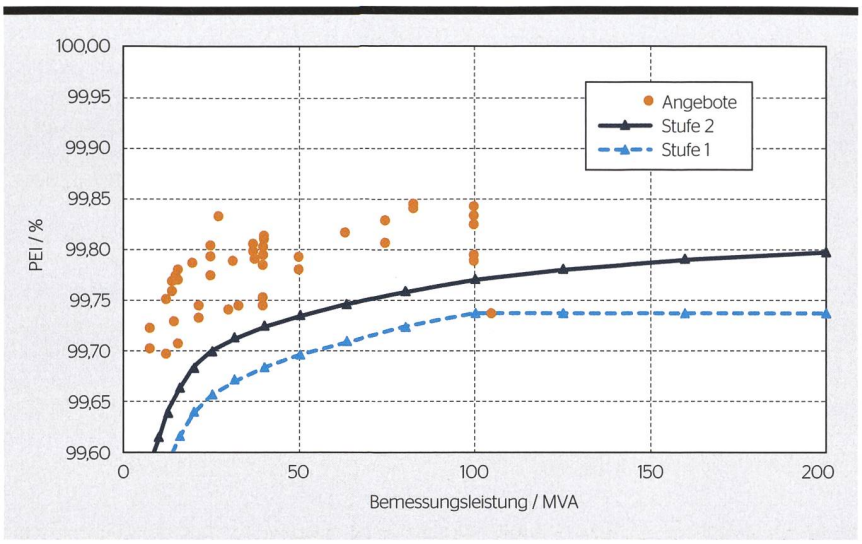

Bild 1 Anforderungen minimale PEI-Werte Stufe 1 (ab 1.7.2015) und Stufe 2 (ab 1.7.2021) und Vergleich mit PEI-Werten der an Schweizer Kunden in den Jahren 2018 - 2019 angebotenen Transformatoren.

Anpassung der Europäischen Normen (Cenelec)

Basierend auf den Vorgaben der Verordnung 548/2014 wurden von Cenelec die Normen EN 50588-1:2015 für MLTs bis 36 kV und EN 50629-2015 für GLTs erstellt. Mit der angepassten EU-Verordnung 2019/1783 werden nun diese Normen durch eine neue Normenreihe ersetzt: EN 50708.

EN 50708 vereint MLTs und GLTs unter einer gemeinsamen Nummer, nimmt die Änderungen der EU-Verordnung auf und läuft unter dem Titel «Leistungstransformatoren: zusätzliche Europäische Anforderungen». Sie weist folgende Struktur auf:

- EN 50708-1-1: Gemeinsame Anforderungen
- EN 50708-2-1: Mittelleistungstransformatoren (bis 3150 kVA, 36 kV)
- EN 50708-3-1: Grossleistungstransformatoren

Diese drei Dokumente enthalten die Anforderungen an die Energieeffizienz von Transformatoren, die sich aus der Verordnung ergeben. Sie wurden von den Nationalen Komitees im Januar 2020 genehmigt. Für MLTs sind in EN 50708-2-1 nur mehr die gesetzlich vorgeschriebenen Maximalwerte für

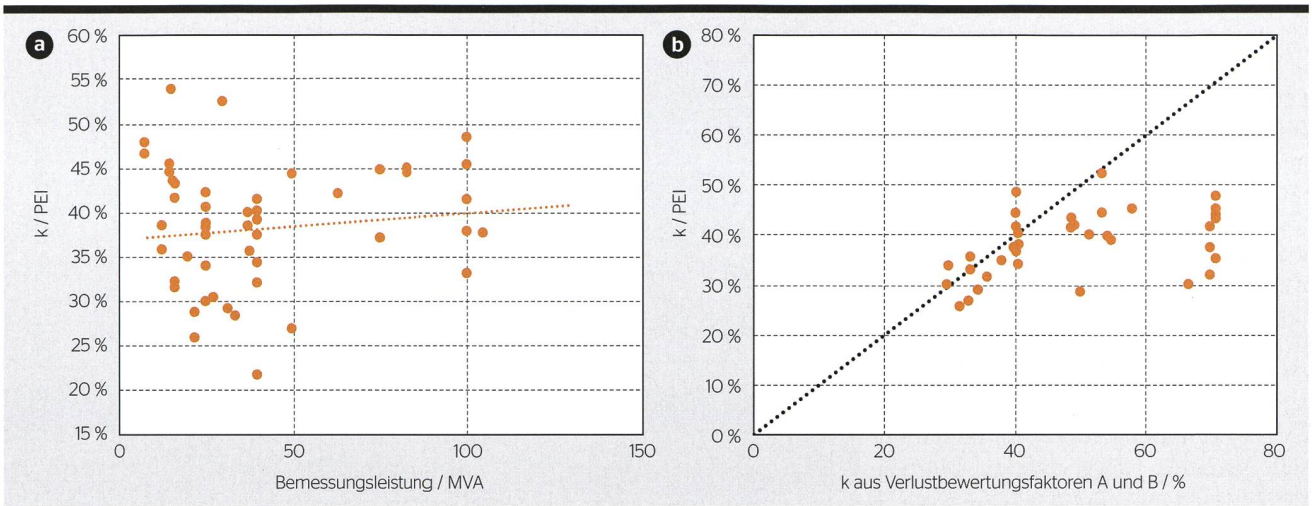

Bild 2 a) Lastfaktor k beim maximalen Wirkungsgrad, b) Vergleich des Lastfaktors berechnet aus den Verlustwerten des Trafos und aus den Verlustbewertungsfaktoren A und B.

Leerlauf- und Kurzschlussverluste enthalten, aber keine weiteren Klassen mit niedrigeren Verlusten mehr definiert, wie z. B. für amorphe Transformatoren.

EN 50708-1-1 enthält in Annex B eine Anleitung zur Berechnung von Verlustkapitalisierungsfaktoren sowie in Annex E2 eine nützliche Klassifizierung von Aktivitäten bei Reparatur oder Revision von Trafos.

Die Reihe wird durch weitere Normen ergänzt für Themen, die sich nicht direkt aus der Verordnung ergeben, aber entweder bereits in den abgelösten Normen vorhanden waren oder für in Europa gebräuchliche Themen neu definiert werden sollen. So wurden Normen zu folgenden Themen aufgearbeitet, und die meisten kamen im Herbst 2020 zur Abstimmung: Assessment of Energy Performance (50708-1-2), MPT-Zubehörteile (50708-2-3), MPT-Sonderprüfungen (50078-2-4), MPT-Einphasentransformatoren (50708-2-5), MPTs nicht-konventioneller Technologie (amorphe Kerne) (50708-2-5) und GLT-Sonderprüfungen (Wellwandkessel und Radiatoren, 50708-3-4).

Erwartete zukünftige Entwicklungen

Gemäss Verordnung soll die Einhaltung der Energieeffizienzanforderungen durch die nationalen Marktüberwachungsbehörden überprüft werden. Der dahinterstehende Ansatz, dass einzelne Produkte in einem separaten Labor geprüft werden, eignet sich für in Serie hergestellte Produkte der Konsumgüterindustrie, bei Transformatoren ist das Vorgehen aber weniger offensichtlich, da diese jeweils nach Kundenspezifikation ausgelegt und hergestellt werden. Bei Verteiltrafos liesse sich ein solches Vorgehen noch realisieren, für grössere Leistungstrafos ist dies aber praktisch ausgeschlossen, oder nur mit unverhältnismässig hohem Kostenaufwand möglich. Es soll daher den Marktüberwachungsbehörden möglich sein, an der Abnahmeprüfung beim Hersteller teilzunehmen. Da speziell GLTs oft aus anderen EU-Ländern oder von ausserhalb der EU importiert werden, wird auch dies nicht ganz einfach werden. Die sich zurzeit in Ausarbeitung befindende Norm EN 50708-1-2 soll eine Hilfestellung zu den Überprüfungsmassnahmen bieten. Bisher wurden in den uns vertrauten europäischen Ländern noch keine Aktivitäten von Marktüberwachungsbehörden festgestellt.

Wie erwähnt, ist es möglich und absehbar, dass die Anforderungen weiter verschärft werden und eine Stufe 3 eingeführt wird. Wir erwarten aber, dass dies frühestens per 2025 geschehen wird.

Ein anderes für die EU wichtiges Thema ist die «Circular Economy» (Kreislaufwirtschaft). Dies gilt allgemein für Produkte, die Diskussion hat aber auch in Bezug auf Transformatoren begonnen. Die meisten Komponenten von Transformatoren werden bereits jetzt rezykliert, der Ansatz von circular economy geht aber weiter. Er beinhaltet Methoden zur Lebensdauerverlängerung, Reparierbarkeit; Austausch von einzelnen Teilen, der einfachen Demontage von Produkten bei Lebensende, der Wiederverwendung von einzelnen Komponenten, Vermeidung von nicht wiederverwertbaren Materialien und kritischen Rohmaterialien etc. So kann beispielsweise Transformatorenöl wiederaufbereitet und bei einem neuen Trafo eingesetzt werden. Erste EVUs in Europa haben bereits begonnen, bei Ausschreibungen sogenannte «materials passports» von den Anbietern einzufordern.

Situation Schweiz

Die Ökodesign-Vorgaben wurden in der Schweiz durch Aufnahme in die Energieverordnung (EnV 730.01), Stand 1. Juni 2015, «Anforderungen an die Energieeffizienz und an das Inverkehrbringen von Leistungstransformatoren» umgesetzt. Dabei sind die Anforderungen gemäss Anhang I der Verordnung (EU) Nr. 548/2014 ab 1.1.2016 zu erfüllen, womit die EU-Vorgaben eins zu eins übernommen wurden.

Bei ihrer letzten Revision wurde die EnV in drei Teile aufgeteilt. Die Anforderungen an die Energieeffizienz für verschiedene Produktkategorien sind nun in der «Energieeffizienzverordnung» (EnEV, 730.02) [3] enthalten, die per 1.1.2018 in Kraft trat. In der Revision vom 15. Mai 2020 wurde auch eine Referenz auf die EU-Verordnung 2019/1783 aufgenommen.

Neben der Definition von nennleistungsabhängigen Werten für maximale Verluste resp. minimale Energieeffizienz müssen die Trafos auch mit

einer CE-Kennzeichnung und einer Konformitätserklärung des Herstellers versehen sein sowie mit technischen Unterlagen ergänzt werden.

Die Verordnung 548/2014 enthält ferner einige Vorgaben für die EU-Mitgliedsstaaten an die nationalen Kontrollbehörden. In der Schweiz ist das Bundesamt für Energie (BFE) die dafür zuständige Kontrollstelle. Mit der Kontrolltätigkeit wurde bisher wie im restlichen Europa noch zugewartet. Wir sehen auch keine Notwendigkeit für eine intensive Kontrolltätigkeit und haben keine Indikationen dafür, dass sich Hersteller oder Kundenspezifikationen nicht an die Vorgaben halten. Der allergrösste Teil der in der Schweiz eingesetzten Verteiltrafos stammt von etablierten Herstellern in der Schweiz oder dem europäischen Umfeld. Grössere Leistungstrafos werden von den Kunden jeweils einzeln beim Hersteller abgenommen und die gemessenen Werte dabei überprüft.

Die Schweiz ist Mitglied bei der Cenelec. Damit gilt hier auch die Normenreihe EN 50708, für deren Annahme sich die TK14 ausgesprochen hat.

In [1] wurde ausgeführt, dass für die Schweiz die Einführung der Stufe 1 der Energieeffizienzanforderungen keine Probleme bereiten wird, da die EVUs bereits früher Trafos verwendeten, die die Vorgaben erfüllten oder sogar übererfüllten. Dies hat sich in den letzten vier Jahren auch in der Praxis so erwiesen. Allerdings bestand damals die Befürchtung, dass durch die höheren Anforderungen die Material- und damit Trafokosten überproportional steigen würden, was sich aber so nicht bewahrheitet hat.

Im Vergleich zu den meisten europäischen Ländern verwenden Schweizer EVUs zur Bewertung und Kapitalisierung der Verluste hohe Werte. Für Verteiltrafos liegt der mittlere A-Faktor für die Bewertung der Leerlaufverluste bei rund 16 CHF/W und der B-Faktor für die Lastverluste bei etwa 4 CHF/W. Da es den Anschein macht, dass auch mittel- bis langfristig weiterhin sehr niedrige Zinsen herrschen, werden diese Faktoren tendenziell wohl weiter ansteigen, da die Diskontierung weniger zu einer Reduktion des Barwertes beiträgt. Für Leistungstrafos ist die Verlustbewertung vergleichbar.

Werden beim Kauf von Trafos zur finanziellen Bewertung Gesamtkosten, bestehend aus Anschaffungskosten und diskontierten Betriebskosten, als Beurteilungskriterium verwendet, führt eine Bewertung mit hohen A- und B-Faktoren automatisch zu Trafos mit niedrigen Verlusten, denn die Gesamtkosten setzen sich zusammen aus den Anschaffungskosten plus A mal Leerlaufverluste plus B mal Lastverluste.

Basierend auf der folgenden Analyse erwarten wir, dass die Einführung der Stufe 2 per Juli 2021 nur geringe Auswirkungen auf die Beschaffung von Trafos in der Schweiz haben wird. Die Analyse basiert auf den Ausschreibungen und Angeboten der Jahre 2018 und 2019. In einigen Fällen wurde von der Ausnahme «unverhältnismässiger Aufwand» Gebrauch gemacht, dies vor allem in Zusammenhang mit Installationen im Vor- oder Alpengebiet mit eingeschränkten Transportmöglichkeiten.

Bild 3 Anlieferung eines 25-MVA-Transformators in Grindelwald.

Bild 4 Transport eines Trafos in Saanen (BKW).

Situation Mittelleistungstrafos

Praktisch alle Ausschreibungen und Nachfragen für Verteiltrafos aus der Schweiz, welche ein Hersteller 2018 und 2019 bekam, enthielten bereits die Verlust-Anforderungen von Stufe 2. In wenigen Fällen wurde als Variante auch Stufe 1 angefragt. Die Schweiz scheint somit grösstenteils die Einführung von Stufe 2 für MLTs bereits vorweggenommen zu haben. Basierend auf den hohen Verlustkapitalisierungsfaktoren ist dies nicht erstaunlich.

Aus den verwendeten A- und B-Faktoren ergibt sich ein mittlerer Lastfaktor von knapp 50 %. Die Betreiber erwarten also, dass die mittlere Auslastung der Verteiltrafos bei 50 % liegt, was eher hoch erscheint.

Situation Grossleistungstrafos

Zur Analyse der Situation bei GLT haben wir alle in den Jahren 2018 bis 2019 an Schweizer Kunden angebotenen Transformatoren eines Herstellers herangezogen. Dabei zeigt sich, dass alle Trafos bereits den minimalen PEI-Wert der Stufe 2 erfüllen **(Bild 1)**, mit Ausnahme eines Trafos, der noch für Stufe 1 ausgelegt war.

Die Auslastung (Lastfaktor) bei der die maximale Effizienz erzielt wird, ist in **Bild 2a** dargestellt. Dieser liegt im Mittel bei etwa 38 % und streut über einen Bereich von 20 % bis knapp über 50 %.

Bild 2b zeigt einen Vergleich des Lastfaktors, der sich aus den Verlusten der Trafos ergibt, mit demjenigen, der sich aus den Verlust-Bewertungsfaktoren A und B ergibt. Aus einer reinen Verlustperspektive wären diese idealerweise in etwa identisch und würden auf der gestrichelten Linie liegen. Dies berücksichtigt aber die Abhängigkeit der Herstellkosten von Kernblech und Kupfer nicht. Nimmt man an, dass die Betreiber die Belastung des Trafos einigermassen kennen und die A- und B-Faktoren realistisch berechnet sind und dass nicht eine starke Zunahme der Auslastung über die Jahre erwartet wird, sollten die Trafos im Schnitt mit leicht tieferen Lastverlusten dimensioniert werden.

Situation aus Sicht eines Schweizer EVU

Für die Trafos aus der Kategorie GLT haben sich durch die Einführung der PEI-Anforderungen keine unlösbaren Probleme ergeben. Durch die Vorgabe einer in der Schweiz üblichen Kapitalisierung und durch die strengen Anforderungen an die Geräuschemissionen [4] erfüllen schon die meisten Transformatoren, welche vor der Einführung der Energieeffizienzverordnung hergestellt wurden, mindestens die Anforderungen an Stufe 1. Die Werte der Stufe 2 zu erfüllen, dürfte vorwiegend in den Alpen und Voralpen sowie im Jura zu Situationen führen, wo auf die Ausnahmeregelung zurückgegriffen werden muss, weil die maximalen Transportgewichte eingeschränkt sind.

Der Trafotransport stellt sich zunehmend als anspruchsvolles Thema dar. Die durch technische Fortschritte erzielten Einsparungen an Gewicht und Volumen werden durch die erhöhten Effizienzanforderungen kompensiert oder überkompensiert und die typischerweise installierte Trafoleistung nimmt zu, wodurch heute gegenüber der Vergangenheit eher grössere Trafos eingesetzt werden. War früher ein Bahntransport noch üblich, so ist dies heute eine Ausnahme. Die Anzahl der Freiverlade- und privaten Anschlussgeleise bei Industriefirmen ist rückläufig und es lohnt sich nicht, Gleisanlagen und Umlademöglichkeiten für selten stattfindende Schwertransporte (ein bis zwei Transporte pro Transformator in 40 bis 50 Jahren) instand zu halten. Kann ein Trafo mit höheren Verlusten als reiner Strassentransport ausgeführt werden, so übersteigen die Mehrkosten eines kombinierten Transports (Bahn/Strasse) die Einsparungen bei den Kapitalisierungskosten eines effizienteren Trafos. Erschwerend stellen wir eine restriktivere Handhabung bei der Bewilligung von Sondertransporten durch die Behörden fest, die durch das Alter der Strassen-Infrastruktur und dem hohen

RÉSUMÉ

Efficacité énergétique des transformateurs

Évolution au cours des dernières années et perspectives

Les transformateurs sont soumis à une réglementation sur les pertes depuis 2015 et, en 2021, ces prescriptions seront encore renforcées. En 2018 et 2019, la quasi-totalité des demandes et appels d'offres suisses reçus par les fabricants de transformateurs de distribution comprenaient déjà les exigences relatives aux pertes de la phase 2. La Suisse semble donc avoir largement anticipé l'introduction de cette phase pour les transformateurs de moyenne puissance. Compte tenu des facteurs élevés de capitalisation des pertes, cela n'est pas surprenant.

Pour les transformateurs de grande puissance, l'introduction des exigences relatives au « Peak Efficiency Index » n'a pas généré de problèmes insolubles. En raison des exigences strictes en matière d'émissions sonores et d'une capitalisation usuelle en Suisse, la plupart des transformateurs fabriqués avant l'introduction de l'ordonnance sur l'efficacité énergétique répondent déjà au moins aux exigences de la phase 1.

Depuis l'introduction de la directive sur l'écoconception, les fabricants de tôles pour transformateurs ont tendance à améliorer la qualité des tôles de noyau. Alors qu'il y a 5 ans, les tôles présentant des pertes de 0,75 W/kg étaient rares et celles affichant une valeur de 0,70 W/kg tout au plus mises à disposition en tant qu'échantillons pour des essais, celles-ci sont désormais disponibles sur le marché. Les fabricants asiatiques sont en avance à cet égard. Les faibles pertes des tôles de noyau représentent le facteur le plus important pour réduire les pertes à vide, ce qui est particulièrement pertinent pour les transformateurs de distribution pour lesquels une valeur maximale est spécifiée.

Contrairement à certains pays asiatiques tels que la Chine, les transformateurs à noyau amorphe sont encore rarement utilisés en Europe. Après l'introduction des exigences en matière d'écoconception, les fabricants et les clients se sont principalement concentrés sur le respect de ces dernières plutôt que sur une réduction maximale des pertes à vide. Les transformateurs à haut rendement énergétique étant plus grands et plus lourds, leur transport ou installation représente souvent un facteur critique et limitant, et ce, d'autant plus que les exigences et restrictions en matière de transport routier ne cessent d'augmenter et que le transport ferroviaire devient également plus difficile. NO

Verkehrsaufkommen begründet wird.

Die EVUs begrüssen eine Reduktion der Netzverluste dank verlustarmer Trafos, müssen aber oft noch eine Reihe weiterer Kriterien beachten. So spielen zum Beispiel bei der Ertüchtigung der Standplätze noch weitere Faktoren wie Standort, Erdbebenanforderungen, Brandschutzwände etc. mit. Das Trafogewicht ist nicht alleine ausschlaggebend.

Entwicklungen im Trafobereich der letzten Jahre

Seit Einführung der Ökodesign-Richtlinie gab es unter Herstellern von Trafoblechen einen Trend zu besseren Kernblechqualitäten. Waren vor 5 Jahren Bleche mit Verlustwerten von 0,75 W/kg kaum und solche mit 0,70 W/kg höchstens als Versuchsmuster vorhanden, sind diese nun kommerziell verfügbar, bald wohl auch in ausreichenden Mengen. Die Hersteller mussten dafür in Aufrüstungen und Umstellungen ihrer Produktionslinien investieren. Die asiatischen Hersteller sind dabei führend. Niedrige Verluste des Kernblechs sind der wichtigste Faktor für geringe Leerlaufverluste, was vor allem für Verteiltrafos relevant ist, für die ein Maximalwert vorgegeben ist.

Im Gegensatz zu einigen asiatischen Ländern wie China werden Trafos mit amorphem Kernblech in Europa weiterhin selten eingesetzt. Nach Einführung der Ökodesign-Anforderungen lag das Hauptaugenmerk der Hersteller und Kunden auf der Erfüllung dieser Vorgaben und nicht auf einer maximalen Reduktion der Leerlaufverluste, vor allem weil amorphe Trafos oft eine leicht grössere Grundfläche beanspruchen, einen etwas höheren Lärmpegel haben, die Preise für amorphes Kernblech relativ hoch blieben und Umstellungen in der Produktion bedingen.

Schliesslich möchten wir noch darauf hinweisen, dass im letzten Jahr SEV 4104 «Leitsätze für Leistungstransformatoren: Vereinheitlichung der Messmargen, Pönalien, Prämien und der Rückweisung» überarbeitet wurde und diese als Schweizer Guideline SNG 484104:2019 per April 2020 durch Electrosuisse neu publiziert wurde.

Referenzen

[1] M. Carlen, H. Lauper, W. Schlegel, «Neue Anforderungen an Transformatoren», Bulletin SEV/VSE 5/2015, S. 43–47.

[2] eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L:2019:272:TOC

[3] www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20162950/201801010000/730.02.pdf

[4] www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19860372/index.html

Autoren

Dr. **Martin Carlen** ist Head of Business Development.
→ SGB-SMIT Group, DE-93055 Regensburg
→ martin.carlen@sgb-smit.group

Lukas Eggimann ist Verantwortlicher Leistungstransformatoren.
→ BKW Energie AG, 3072 Ostermundigen
→ lukas.eggimann@bkw.ch

Roland Hasler ist Trafoexperte.
→ rolandhasler@outlook.com

Dieser Beitrag entstand im Auftrag des Technischen Komitees TK 14 «Transformatoren» des Schweizerischen Elektrotechnischen Komitees CES.