

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 47 (1956)
Heft: 24

Artikel: Normung von Transformatoren
Autor: Wildhaber, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060123>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

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

3. Bei $l_\alpha = \alpha l_0$

$$x_\alpha = \sqrt{1 - \alpha} \cdot x^*$$

$$I_{l,\alpha} = \alpha \sqrt{1 - \alpha} \cdot \frac{10^3}{0,4\pi} l_0 x^*$$

4. Steilheit der Kurve an einer beliebigen Stelle x :

$$\frac{d I_l}{d x} = \frac{I_l}{x} \left(3 - \frac{2}{\alpha} \right)$$

Adresse des Autors:

P. Koch, Dr. phil. nat., Eidgenössisches Amt für Mass und Gewicht, Bern.

Normung von Transformatoren

Von H. Wildhaber, Wettingen (AG)

389.6 : 621.314.2

Der Mangel an technischem Personal zwingt zur Rationalisierung der Arbeit. Im Sinne dieser Bestrebungen wird die Normung von Grosstransformatoren in Bezug auf Leistung, Spannung, Regulierbereich, Isolationsniveau und weitere Konstruktionsmerkmale vorgeschlagen und auf die Vorteile einer solchen Vereinheitlichung für Verbraucher und Hersteller hingewiesen.

Le manque de personnel technique exige une rationalisation du travail. Dans ce but, l'auteur propose une normalisation des grands transformateurs, en ce qui concerne leur puissance, leur tension, leur étendue de réglage, leur niveau d'isolement et d'autres caractéristiques de construction. Il indique quels en seraient les avantages pour les exploitants et les fabricants.

Verteiltransformatoren für Sekundärnetze sowie Transformatoren bis zu einigen Tausend kVA und bis 50, teilweise 60 kV, werden vom Hersteller listenmässig entsprechend den in der Schweiz vorkommenden Spannungen und in genügend feiner Leistungsabstufung geführt. Dem Verbraucher steht somit in allen Fällen ein den jeweiligen Anforderungen gut entsprechender Transformator-Typ zur Verfügung. Das Interesse beider Beteiligten, des Verbrauchers und des Herstellers, ist gewahrt, indem der Verbraucher seine Bedürfnisse durch ein Serie- oder Normalfabrikat erfüllt sieht, das er einheitlich in allen Unterstationen vorsehen und jederzeit leicht ersetzen kann, während der Hersteller nach Entwicklung einer Typenreihe keine wesentlichen weiteren Konstruktionsarbeiten mehr aufzuwenden braucht, sondern sämtliche Verbraucher, so verschieden deren Netze und Anforderungen sind, rasch und mit einer bewährten Ausführung beliefern kann.

Damit soll nicht gesagt sein, dass im Streben nach Normung — wovon nachstehend die Rede ist — für Verteiltransformatoren schon die letzten Ziele erreicht wären. So sollte zum Beispiel die Tendenz nach Verminderung der Anzahl Oberspannungen konsequent verfolgt und vorerst eine wenigstens regionale Vereinheitlichung der Oberspannung weiter getrieben werden. Die im Zuge der Erhöhung der Spannungen (8/16 kV) geschaffenen, von Parallel- auf Serienschaltung umschaltbaren Typen sollte nicht immer häufiger verlangt, sondern auf die notwendige Minimalzahl beschränkt und schliesslich nach vollzogenem Spannungsumbau ganz vermieden werden. Auch würde eine Verständigung auf einheitliche Bauart hinsichtlich Anzapfungen eine willkommene Vereinfachung bedeuten; weniger Anzapfungen würden zu entsprechend niedrigeren Preisen führen.

Im Gegensatz zu den Verteiltransformatoren werden Grosstransformatoren für die schweizerische Kundschaft von Fall zu Fall entsprechend den in der Anfrage verlangten Angaben besonders berechnet und konstruiert. Leistung, Spannungen und Isolationsniveau werden den Wünschen der Be-

steller angepasst, bei Stufentransformatoren auch der Regulierbereich der Spannung sowie in gewissen Grenzen die Stufenzahl. Hieraus ergibt sich ohne Berücksichtigung der zahlreichen Unterschiede äusserer Konstruktionsmerkmale eine sehr grosse Zahl von Varianten. Ist der damit verbundene Arbeitsaufwand schon beim Verbraucher für seine Projektstudien und die Ausarbeitung stets neuer Pflichtenhefte beträchtlich, so lässt sich der grosse Zeitaufwand für die recht umfangreichen Berechnungs- und Konstruktionsarbeiten beim Hersteller angesichts des ausgesprochenen, andauernden Mangels an technischem Personal kaum noch verantworten. Es liegt im beidseitigen Interesse, die Variantenzahl zu vermindern. Für die Elektrizitätswerke ergibt sich daraus der Vorteil weitgehender Freizügigkeit beim Austausch von Einheiten sowie der einfacheren Reservehaltung. Auch der Preis kann beeinflusst werden. Zwar blieben sich die Fabrikationseinrichtungen und -methoden gleich und von einer Ersparnisse bringenden Seriefabrikation kann bei den in Frage stehenden Objekten und geringen Stückzahlen nicht die Rede sein. Wohl aber ergeben Vereinfachungen, mit denen Minderlieferungen verbunden sind, wie kleinere Zahl Anzapfungen und Klemmen, kleinerer Regulierbereich, entsprechende Minderpreise. Ferner ist eine Kürzung der Lieferfristen denkbar, die gegenwärtig nicht nur durch die eigentliche Fabrikationszeit, sondern auch durch die Überlastung der technischen Abteilungen beeinflusst werden. Der grösste Gewinn aber ist darin zu erblicken, dass beim Hersteller Kräfte für neue, notwendige Studien und Entwicklungsarbeiten, die wieder den Kunden zugute kommen, frei werden.

Der Wunsch geht also dahin, für Grosstransformatoren an Stelle der bisherigen Mannigfaltigkeit künftig einheitliche technische Bedingungen, insbesondere eine Leistungsreihe, eine Spannungsreihe, gleiche Regulierbereiche und gleiches Isolationsniveau festzulegen. Die folgenden kurzen Ausführungen über die bestehenden Zustände sollen diesen Wunsch verständlicher machen, wobei an Stelle einer vollständigen Darstellung einige Hinweise genügen dürften.

Für die *Leistung* von Transformatoren bestehen in der Schweiz nur bis 1000 kVA Normen¹⁾, so dass beispielsweise für das Übertragungssystem 150/50 kV zwischen 20 und 50 MVA mehrere, wenig voneinander abweichende Einheitsleistungen (20, 25, 30, 35, 40, 50 MVA) ausgeführt wurden, für 50/16 kV zwischen 4 und 25 MVA sogar über 10 verschiedene Leistungen (4, 5, 6, 6,3, 8, 10, 12, 12,5, 15, 20, 25 MVA). Man erkennt daraus leicht, dass die fortwährende Zunahme des Energiebedarfes die besten Absichten der einzelnen Elektrizitätsunternehmen, im eigenen Netz einmal eingeführte Standardtypen heizubehalten, immer wieder durchkreuzte. Da der Energieverbrauch in den letzten Jahren zwar regional unterschiedlichen, aber deutlich ausgeprägten Gesetzen folgte, sollte es den Werken bei einer Verständigung untereinander leicht fallen, in der Wahl der Leistungsstufen grosszügiger zu disponieren und für die einzelnen Spannungsbereiche Leistungsreihen aufzustellen, welche unter Beschränkung auf die wirklich notwendige Stufenzahl den jetzigen sowie den in absehbarer Zukunft zu erwartenden Bedürfnissen zu genügen vermögen. In ihren 150-kV-Netzen haben die Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK) und die Bernischen Kraftwerke (BKW) bereits einen Einheitstyp 50 MVA, 150/50 kV eingeführt. Als besonders vorbildliches Beispiel zur Normung seien die 125-MVA-Auto-Stufen-Transformatorgruppen für 225/150 kV erwähnt, auf deren einheitliche Ausführung sich das Kraftwerk Laufenburg, die Aare-Tessin A.-G. für Elektrizität (Atel) und die NOK trotz verschiedenen Tertiärspannungen bei der Erteilung der ersten Aufträge 1953 einigten²⁾. Die gleiche Einheitsleistung wurde für solche Kuppel-Transformatorgruppen auch von den BKW gewählt, und es ist wohl anzunehmen, dass dieser Typ beim weiteren Ausbau des 220-kV-Netzes auch von anderen Unternehmungen eingeführt und damit zur Normgrösse wird.

Besondere Beachtung verdienen Transformatoren für Wasserkraftwerke. Deren Grösse hat sich — wenigstens bei Blockschaltung — in erster Linie nach der jeweiligen Maschinenleistung zu richten, die wiederum durch das Bestreben bestmöglicher Ausnützung der Wasserkräfte bestimmt wird. Erst in zweiter Linie könnte die Anpassung an eine Normalleistungsreihe gesucht werden.

In thermischen Kraftwerken für die öffentliche Energieversorgung hingegen können die bestgeeigneten Einheitsleistungen für Dampf- und Gasturbinen einzig nach konstruktiven und wirtschaftlichen Gesichtspunkten frei gewählt und abgestuft werden, was auch die Normung der Transformatoren erleichtert. Bei der Festlegung einer Leistungsreihe für Transformatoren muss daher auf künftige thermische Kraftwerke Rücksicht genommen werden.

Was die *Spannung* anbelangt, so sind wir von der Verwirklichung der Normal-Spannungsreihe³⁾ noch weit entfernt. Zwar entspricht die Spannung

vieler, darunter grosser Netze der Normalreihe, noch zahlreicher sind jedoch die davon abweichenden Netzspannungen vertreten. Statt 10 Spannungen gibt es zwischen 3 und 220 kV deren über 20 allein in Netzen der allgemeinen Energieversorgung, wie ein Blick auf die Karte der schweizerischen Elektrizitätswerke und ihre Hochspannungsleitungen⁴⁾ zeigt. Ähnlich liegen die Verhältnisse beispielsweise in Deutschland und den Vereinigten Staaten von Amerika, wo jedoch die Tendenz nach Verwirklichung der Normen aus den nämlichen Gründen, wie hier angeführt, viel stärker ausgeprägt ist als in der Schweiz. Zu den durch die Vielzahl der Oberspannungen bedingten Varianten kommen bei Stufentransformatoren noch die unterschiedlichen Spannungsregulierbereiche, Stufenzahlen und Schaltungen der Regulierwicklung. Für Transformatoren 150/50 kV gibt es nicht weniger als 20 Regulierbereiche zwischen den Grenzen von 1,185 bis 1,71, für Transformatoren mit 40...60 kV (70 kV) Oberspannung und 6...16 kV Unterspannung sogar deren 30 zwischen den Grenzen von 1,09 bis 1,48. Dabei kommen gewisse Bereiche häufiger, andere seltener vor, was darauf hinweist, dass mit weniger Varianten auszukommen wäre. Ausserdem sind Regulierbereiche in den hier genannten, oberen, sehr weiten Grenzen überhaupt zu gross. Bei der Prüfung der möglichen Vereinfachungen wäre somit die Frage kleinerer Regulierbereiche miteinzubeziehen. Gerade bei Stufentransformatoren sind Einheitstypen, die bei Betriebsstörungen im Gegensatz zu den bis jetzt meist als Sonderausführungen gebauten Einheiten leicht ausgewechselt werden können, besonders wertvoll. Es sollte möglich sein, den nach Aufstellungsort und Betriebszustand variablen Spannungsdifferenzen mit wenigen, ein für allemal festzulegenden Regulierbereichen Rechnung zu tragen. Einheitliche Stufenzahl und Schaltung der Wicklungen zu schaffen, ist vorwiegend eine konstruktive Aufgabe, welche die Hersteller unter sich lösen müssen.

Die Mannigfaltigkeit der Ausführungen wurde bis jetzt noch dadurch vermehrt, dass über das *Isolationsniveau* als weitere, Konstruktion und Dimensionen eines Transformators beeinflussende Grösse, voneinander abweichende Auffassungen bestanden. Die Bestrebungen zur Normung der Transformatoren müssen sich daher auch auf einheitliche Auslegung und Anwendung der neuen Regeln in bezug auf das Isolationsniveau erstrecken.

Die Unterschiede der äusseren Konstruktionsmerkmale und der Ausrüstung mit Zubehörteilen endlich sind zahllos, und ihre Verminderung ist erwünscht, jedoch kommt diesem Gesichtspunkt nicht so grosse Bedeutung zu wie den bisher behandelten Hauptgrössen. Nach wie vor werden beispielsweise die üblichen Kühlarten nebeneinander weiter bestehen; die Ausstattung mit Schutz- und Überwachungseinrichtungen wird sich weiterhin nach der Grösse des Objektes und den Richtlinien

¹⁾ Regeln für Transformatoren, Publikation Nr. 0189.1956 des SEV, Ziff. 181, Nennwert der Leistungen.

²⁾ siehe Brown Boveri Mitteilungen Bd. 42(1955), Nr. 6, S. 189 ff.

³⁾ siehe Bull. SEV Bd. 47(1956), Nr. 7, S. 324: Änderungen an den Regeln für Transformatoren, und S. 325: Genormte Werte der Spannungen, Frequenzen und Ströme.

⁴⁾ Herausgegeben vom Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband, Ausgabe Januar 1953.

der einzelnen Unternehmer richten. Als Mindestforderung sollte aber wohl ausser der Verwendung einheitlicher Klemmen auch die Einhaltung einheitlicher Klemmenabstände und -anordnung aufgestellt werden dürfen.

Abschliessend lässt sich erfreulicherweise feststellen, dass schon zahlreiche, wertvolle Ansätze zur Normung der Transformatoren, die ja auch die Vereinheitlichung der übrigen Anlageteile erleichtert, vorhanden sind, und dass hiezu insbesondere auch die Verbraucherkreise initiativ beigetragen

haben. Mit einer positiven Einstellung aller an dem hier gestellten Problem Interessierten kann zweifellos gerechnet werden. Es ist daher sehr erwünscht, wenn sich auf Grund dieser Anregungen Verbraucher und Hersteller zusammenfinden, um durch gemeinsame, vermehrte Anstrengungen, die sich durch die gegenwärtigen Verhältnisse gebieterisch aufdrängen, den hier gesteckten Zielen näher zu rücken.

Adresse des Autors:

H. Wildhaber, dipl. Ing., Winzerstrasse 7, Wettingen (AG).

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

Sitzungen in München vom 26. Juni bis 6. Juli 1956

Für die Sitzungen der CEI hatte das Deutsche Nationalkomitee der CEI die bayrische Landeshauptstadt München gewählt, wo den rund 600 Delegierten und 400 begleitenden Damen nicht nur ein herzlicher Empfang zuteil wurde, sondern auch eine ausgezeichnet arbeitende Tagungsorganisation zur Verfügung stand. Die Arbeitssitzungen fanden fast ohne Ausnahme in den Konferenzräumen des Deutschen Museums auf der Insel zwischen den beiden Armen der Isar statt, und es zeigte sich, dass dieser Gebäudekomplex sich dafür besonders eignete. Auch die Frage der Unterkunft hatte sich lösen lassen, obschon dies in einer Stadt, in der da und dort immer noch Wunden des zweiten Weltkrieges nicht völlig verheilt sind, keineswegs sehr leicht gewesen sein mag.

In München hielten 16 Comités d'Etudes, sowie 21 Experten-, Sous- und gemischte Comités und Arbeitsgruppen zum Teil mehrtägige Sitzungen ab. Für Belehrung, Unterhaltung und gegenseitigen Kontakt unter den Delegierten war ein reiches Programm von technischen Besichtigungen, Ausflügen und gesellschaftlichen Veranstaltungen vorbereitet worden, das seinen Zweck voll auf erfüllte und einige glanzvolle Höhepunkte aufwies. Sogar das Wetter, das sich im Juni von der unfreundlichsten Seite gezeigt hatte, setzte während der Münchner Tagung eine gute Miene auf, so dass sich auch die landschaftlichen Reize des südlichsten Landes der Bundesrepublik aufs schönste entfalten konnten. Unvergesslich bleibt in dieser Beziehung wohl der abendliche Ausflug an den Starnberger See, wo ein neues, geräumiges Motorschiff die frohe Gesellschaft aufnahm und im mählich versinkenden Tag vor dem Panorama einer märchenhaften, in Föhnlicht getauchten Landschaft über die ruhigen Wasser glitt. Gesellschaftlicher Glanz blitzte auf in den Empfängen des Oberbürgermeisters der Stadt München, des bayrischen Regierungspräsidenten, der Bundesregierung, die in einer Festvorstellung im Prinzregenten-Theater gipfelte, und vor allem im offiziellen Bankett im Festsaal des Deutschen Museums, an dem rund tausend Personen teilnahmen. Für die Damen hatte ein besonders zu diesem Zweck gebildetes Damenkomitee eine Reihe von Besuchen und Besichtigungen arrangiert, die einhellig Lob ernteten.

In diesem angenehmen Rahmen wickelten sich die Arbeitssitzungen ab, in denen ein guter Geist der Zusammenarbeit zum Ausdruck kam, was allerdings nicht hinderte, dass da und dort recht hartnäckig um Positionen gestritten wurde. Die schweizerischen Vertreter in den einzelnen Gremien begegneten ausnahmslos grösster Aufmerksamkeit; ihr Wort wurde gehört und war in nicht wenigen Fällen für das Ergebnis der Verhandlungen entscheidend oder doch mitbestimmend. Ihnen sei im Namen des Schweizerischen Elektrotechnischen Komitees für ihre tatkräftige und nicht immer leichte Mitarbeit der beste Dank ausgesprochen.

Im folgenden veröffentlichen wir die von schweizerischen Teilnehmern an den Sitzungen erstellten Berichte, wobei weder Anzahl noch Inhalt auf Vollständigkeit Anspruch erheben.

Comité d'Action

Der Conseil der CEI versammelte sich in München nicht. Dagegen befasste sich das Comité d'Action in zwei stark ausgefüllten Sitzungen mit einer grossen Zahl von Fragen.

Über die finanzielle Lage der CEI orientierte der Trésorier honoraire, Dr. A. Roth (Schweiz). Die verstärkte Aktivität drückt sich nicht nur in einer grösseren Zahl der jährlich herauskommenden Empfehlungen, sondern auch in der dadurch wachsenden Last des Bureau Central und entsprechend erhöhten Auslagen für Administration und Druckkosten aus. Es wurde daher beschlossen, die Beiträge der Nationalkomitees an die CEI um 50 % zu erhöhen.

Das in London ad hoc bestellte Sous-Comité des Comité d'Action für Fragen der Sicherheitsregeln erstattete einen ersten Bericht, der den Nationalkomitees vorgelegt wird. Diese haben dazu Stellung zu nehmen und sich namentlich darüber zu äussern, welche Fachgebiete als dringlich vor den andern in bezug auf Sicherheitsfragen behandelt werden sollen. Eine enge Zusammenarbeit zwischen der Commission Internationale de réglementation en vue de l'approbation de l'Equipement Electrique (CEE), welche allerdings nicht in dem Masse international zusammengesetzt ist wie die CEI, ist gesichert. Das ad hoc gebildete Sous-Comité wird in ein permanentes verwandelt, dessen Präsidium H. A. R. Binney (Vereinigtes Königreich) anvertraut wurde. Das Sekretariat führt das Deutsche Komitee.

Im Zusammenhang mit der Erhöhung der Jahresbeiträge an die CEI stellte die sowjetische Delegation die Frage des Druckes der CEI-Publikationen in russischer Sprache zur Diskussion. Wohl ist die russische Sprache mit dem Französischen und Englischen eine der offiziellen Sprachen der CEI. Statutengemäss ist jedoch die Übertragung der Dokumente und gedruckten Publikationen ins Russische Sache sowjetischer Nationalkomitees. Ein ad-hoc-Komitee, dem auch der Trésorier angehört, wird dem Comité d'Action bis zur nächsten Sitzung einen Bericht über diese Frage unterbreiten.

Die «Fondation Charles Le Maistre» verfügte nach Eingang der letzten Zuwendungen über einen Fonds von 25 000 Schweizerfranken. Gegenwärtig, d. h. bis zum zweiten Vortrag, der in München von Dr. C. H. Linder gehalten wurde, beträgt die zur Verfügung stehende Summe noch 22 000 Franken.

Als Arbeit, die neu ins Arbeitsprogramm aufgenommen wird, wurde diejenige der Normung von Kohlebürsten elektrischer Maschinen bezeichnet. Sie wird einem neu zu bildenden Sous-Comité 2F zugewiesen, dessen Sekretariat das Deutsche Nationalkomitee der CEI führt. Der Vorschlag zur Aufnahme dieser Arbeit stammt vom CES. Ein anderer vom CES unterstützter Antrag auf Behandlung der Hochfrequenz-Sperrn auf Hochspannungsleitungen fand nicht das nötige Interesse und wurde auf später verschoben. Ebenfalls nicht entschieden wurde über die allfällige Behandlung der ferromagnetischen Materialien. Hier wird der zusammenfassende