

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 21 (1930)  
**Heft:** 14

**Artikel:** Sind kurzschlussichere Kleintransformatoren nach den Normalien des S E V praktisch ausführbar?  
**Autor:** Wirz, Emil  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058269>

### **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:** 24.12.2024

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

## Sind kurzschlussichere Kleintransformatoren nach den Normalien des SEV praktisch ausführbar?

Von Dr.-Ing. Emil Wirz, Privatdozent an der ETH.

621.314.22-181

*Der Autor widerlegt einen heute oft gegen die SEV-Normalien für Kleintransformatoren erhobenen Einwand, es sei praktisch nicht möglich, Kleintransformatoren für mehr als 8 VA bis 30 VA derart kurzschlußsicher zu bauen, dass sie den Bestimmungen dieser Normalien genügen. Er gibt die Methoden an, nach welchen dies möglich ist und zeigt sodann an Hand von praktischen Versuchen an einem nach diesen Methoden gebauten Kleintransformator, dass die durch einen sekundärseitigen Kurzschluss bedingte Erwärmung der Transformatoren in-nerhalb der in den Normalien festgelegten Grenzen gehalten werden kann.*

*L'auteur réfute une objection formulée fréquemment contre les normes de l'ASE pour transformateurs de faible puissance, suivant laquelle il ne serait pas possible de construire ceux de 8 à 30 VA pour qu'ils résistent au court-circuit, comme l'exigent les dites normes. Il indique trois méthodes permettant d'arriver à ce résultat, puis montre à l'aide d'essais pratiques, ayant porté sur des transformateurs construits d'après l'une de ces méthodes, que l'échauffement provoqué par un court-circuit secondaire peut être maintenu dans les limites prescrites par les normes.*

Auf den 1. Juni 1926 hat die Verwaltungskommission des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) die am 29. März 1926 genehmigten Normalien zur Prüfung und Bewertung von Kleintransformatoren in Kraft gesetzt, und es haben bisher 6 Firmen mit den Technischen Prüfanstalten des SEV Verträge abgeschlossen betreffend die Erlaubnis zur Führung des Qualitätszeichens für Kleintransformatoren und zwar teils der „Klasse a“ (kurzschlussicher) und teils der „Klasse b“ (nicht kurzschlussicher) angehörend. Der überwiegende Teil dieser Qualitätsapparate bezieht sich auf sogenannte Klingeltransformatoren der Klasse a, und es sind bisher nur solche angemeldet worden, welche eine maximale Leistung von 8 VA im Sekundärkreise bei induktionsfreier Sekundärbelastung aufweisen. In der Praxis besteht aber zweifellos auch das Bedürfnis, kurzschlussichere Kleintransformatoren bis maximal 30 VA Leistung zu erhalten, wie sie die Normalien des SEV festlegen, da es nicht möglich ist, mit einer Leistung von nur 5 oder 8 Watt alle zur Anwendung gelangenden Schwachstromapparate einwandfrei zu betätigen. Da nun aber solche Apparate für mehr als 8 VA Leistung bisher als kurzschlussicher bei der Prüfanstalt nicht eingereicht bzw. nicht qualitätsreif zugelassen wurden, und, auch ohne einen richtigen Beweis zu erbringen, behauptet wird, dass solche Apparate mit mehr als 8 VA Leistung nach den Normalien praktisch nicht mehr kurzschlussicher hergestellt werden könnten, so ist schon von verschiedenen Seiten die Frage aufgeworfen worden, ob vielleicht doch die Anforderungen an Kleintransformatoren in den Normalien etwas zu hoch geschraubt worden seien.

Als seinerzeit durch die Normalienkommission diese Normalien bearbeitet und beraten wurden, ist der Verfasser als Mitarbeiter der Kommission für die heutige Fassung der Normalien eingetreten, weil er nach dem heutigen Stande der Elektrotechnik und seiner eigenen praktischen Erfahrungen auf diesem Gebiete zur Einsicht kam, dass den darin gestellten Forderungen jederzeit mit Leichtigkeit genügt werden kann. Auch heute noch hat der Verfasser keine Veranlassung, einen anderen Standpunkt einzunehmen, um so mehr, als er inzwischen durch eingehende Versuche auch an nicht einwandfreien bzw. falsch dimensionierten fremden Apparaten feststellen konnte, dass die Kurzschlussicherheit bei den vorgeschriebenen Temperaturen bei sinngemässer Anwendung der elektrischen und magnetischen Gesetze erreichbar ist, wie weiter unten an experimentellen Untersuchungen gezeigt werden soll.

Es steht fest, dass das Leitmotiv der Qualitätsprüfung für Kleintransformatoren den Sinn hat, dass in elektrischen Anlagen nur solche Apparate installiert werden sollen, die wirklich alle Gewähr für ein einwandfreies und störungsloses Funktionieren der Anlage bieten. Dass natürlich auch die Qualitätsprüfung nicht stehen

bleiben darf, sondern im Laufe der Zeit auf eine noch höhere Warte gebracht werden muss, ist ebenso selbstverständlich und wird schon allein durch die hohen Zollschranken gegen unsere Industrieprodukte im Auslande, durch die hohen Kosten der Lebenshaltung im eigenen Lande und durch die höheren Löhne gegenüber den Nachbarländern mehr wie je zur Bedingung gemacht, da schliesslich doch der höhere Preis des Produktes nur durch eine bessere Qualität, durch ein wirkliches Qualitätsprodukt, jedem nüchternen Geschäftsmanne plausibel gemacht werden kann.

Im folgenden soll nun ganz kurz gezeigt werden, welche Mittel uns zur Verfügung stehen, um Kleintransformatoren kurzschlussicher zu machen, und wie sich diese Mittel in der Praxis auswirken und erkennen lassen. Bei Kleintransformatoren können wir hauptsächlich drei Methoden anwenden, um dieselben kurzschlussicher zu erhalten, nämlich:

1. *Die Widerstände und Reaktanzen der Wicklungen oder der gesamten Kurzschlusskreise überhaupt so zu bemessen, dass bei allseitigem Kurzschluss der Sekundärklemmen die Ströme der Wicklungen einen der zulässigen Temperatur entsprechenden Wert nicht übersteigen.*

Diese erste Methode schliesst natürlich auch den Fall ein, dass an Stelle der Widerstände und Reaktanzen der Wicklungen separat eingebaute Widerstände und Reaktanzen ebensogut die Kurzschlussströme auf ein zulässiges Mass begrenzen können.

2. *Beeinflussung der magnetischen Verhältnisse des Eisenkörpers derart durch den Sekundärstrom, dass die Kurzschlussströme auf einen der zulässigen Temperatur entsprechenden Wert begrenzt werden.*

Diese zweite Methode umfasst eine ganze Reihe von praktisch möglichen Ausführungsformen, durch welche die Kurzschlussströme auf jedes gewünschte Mass begrenzt werden können und damit auch die Temperaturgrenze der Wicklungen eingehalten werden kann.

3. *Eine Kombination der ersten und zweiten Methode, indem teilweise die Widerstände der Wicklungen abgestimmt und teilweise die Beeinflussung der magnetischen Verhältnisse durch den Sekundärstrom angewendet wird, um einen der zulässigen Temperatur entsprechenden Wert der Kurzschlussströme zu erlangen.*

Diese Kombination der ersten und zweiten Methode hat wohl die grösste Aussicht auf einen wirklichen praktischen Erfolg, da hierbei mit sehr einfachen Mitteln und ohne das Produkt nennenswert zu verteuern, die gewünschten Verhältnisse praktisch erreichbar sind. Hierbei wird jedoch der Einfluss der zweiten Methode stets vorherrschend sein, da sie dem Apparat ganz bestimmte charakteristische Eigenschaften aufdrückt.

Wir können diese Eigenschaften am besten dadurch zeigen, dass wir einmal bei einem nach der ersten Methode ausgeführten Kleintransformator und ein zweites Mal bei einem nach der zweiten Methode ausgeführten die aufgenommene Primärleistung, den Primärstrom, die Sekundärleistung und die sekundäre Klemmenspannung als Funktion des Sekundärstromes in rechtwinkligen Koordinaten auftragen, so erhalten wir die in Fig. 1 und 2 aufgezeichneten Kurven. In Fig. 1 sind diese charakteristischen Kurven für die erste Methode dargestellt. Nur die sekundäre Leistungskurve weist in diesem Falle das charakteristische Leistungsmaximum auf, während die übrigen Kurven keine solche Eigenschaft aufzuweisen haben. Je nachdem die Wicklungen mehr oder weniger Widerstand aufweisen, wird das Leistungsmaximum abgeflacht oder in eine steile Kurve ausgezogen.

In Fig. 2 sind dieselben charakteristischen Kurven nach der zweiten Methode dargestellt. In diesem Falle zeigen sich ganz besondere Eigenschaften, die gegenüber der ersten Methode erheblich hervorstechen. Hierbei tritt nicht nur sekundär, sondern auch primär ein Leistungsmaximum auf, das durch die magnetische Beeinflussung des Hauptkraftflusses durch den Sekundärstrom verursacht wird. Durch diese Erscheinung wird die Kurzschlussleistung stark herabgesetzt, wodurch die

Wärmefrage schon etwas einfacher zu beherrschen ist. Auch die Sekundärspannung als Funktion des Sekundärstromes verändert sich etwas, indem bei kleinen Sekundärströmen dieselbe langsamer und bei grösseren rascher abnimmt als bei einem Transformator mit Abgleichung durch Widerstände und Reaktanzen nach der ersten Methode. Immerhin kann diese Kurve nicht als Charakteristikum für die zweite Methode dienen, da ja die Sättigung im Eisen und der Grad der Beeinflussung des Hauptkraftflusses diese Spannungskurve mehr oder weniger stark abbiegt.

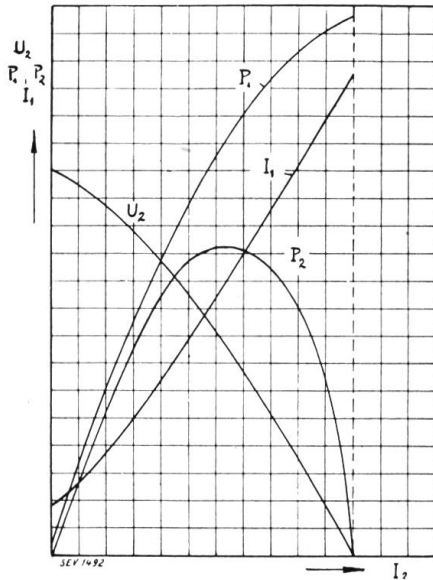


Fig. 1.

Charakteristische Kurven eines kurzschlussicheren Transformators mit Widerstandsabgleichung, Methode 1.

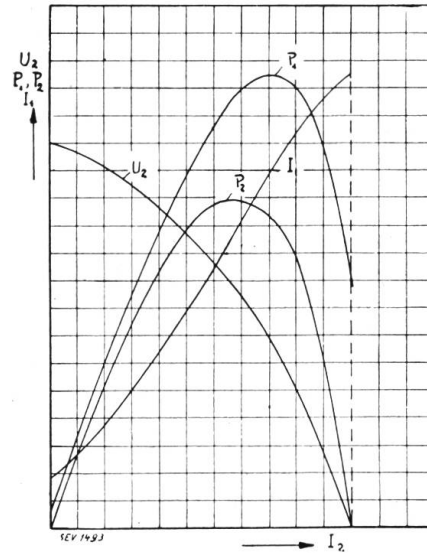


Fig. 2.

Charakteristische Kurven eines kurzschlussicheren Kleintransformators, einreguliert durch Beeinflussung des Hauptkraftflusses mittelst dem Sekundärstrom, Methode 2.

Schliesslich zeigt auch der Primärstrom bei dieser Methode, namentlich in der Nähe des Leerlaufes und des Kurzschlusses, ein abweichendes Verhalten, indem er meist bei kleinen Strömen langsamer ansteigt und in der Nähe des Kurzschlusses stark ansteigt oder abgeflacht wird, entsprechend dem Sättigungsgrad des magnetischen Kreises. Bei unrichtiger Dimensionierung kann sogar der primäre Stromanstieg in der Nähe des Kurzschlusses so gross werden, dass die Beherrschung der Erwärmung sehr erschwert oder unter Umständen unlösbar gemacht wird und damit zu Misserfolgen führen kann. Im allgemeinen liegen jedoch die Verhältnisse bei der zweiten Methode so, dass von Fall zu Fall jeder massgebende Punkt geprüft und gegen das erzielbare Resultat abgewogen werden muss, da sonst hierbei belanglose Nebenerscheinungen zu einem unbrauchbaren Resultate führen können. Trotz alledem ist diese Methode keineswegs weder in der konstruktiven Durchbildung, noch in der Herstellung und Montage empfindlich, wenn alle massgebenden Punkte berücksichtigt werden. Ausserdem ist diese Methode der ersten gegenüber ganz entschieden überlegen, und es kommt hierbei besonders der wesentlich kleinere Kurzschlussverlust in Betracht.

Schliesslich werden wir die dritte Methode anwenden, wenn wir spezielle Eigenschaften besonders ausprägen wollen, welche sich weder mit der einen noch mit der anderen Methode allein erzielen lassen. Den markantesten Fall dieser Art stellt der kurzschlussichere Kleintransformator mit höheren Sekundärspannungen dar, bei welchen weder durch Widerstandsänderung allein, noch mit der Feldbeeinflussung allein ein brauchbares Resultat erreicht werden kann.

Zum Schlusse sollen nun noch einige Prüfergebnisse bekannt gegeben werden, um zu zeigen, wie sich die Verhältnisse praktisch in sehr weiten Grenzen verändern

lassen, wobei wir uns nur auf die zweite und praktisch wichtigere Methode beschränken wollen.

In Fig. 3 sind die Prüfergebnisse für einen Kleintransformator einer 5 VA-Type dargestellt, wobei die Beeinflussung des Hauptkraftflusses durch den Sekundärstrom unter drei verschiedenen Bedingungen (Kurven 1, 2 und 3) untersucht wurde. Die Kurven 0 ergaben die Verhältnisse ohne magnetische Beeinflussung des Hauptkraftflusses. Die Kurven 1 zeigen die Verhältnisse bei schwacher, Kurven 2 bei mittlerer

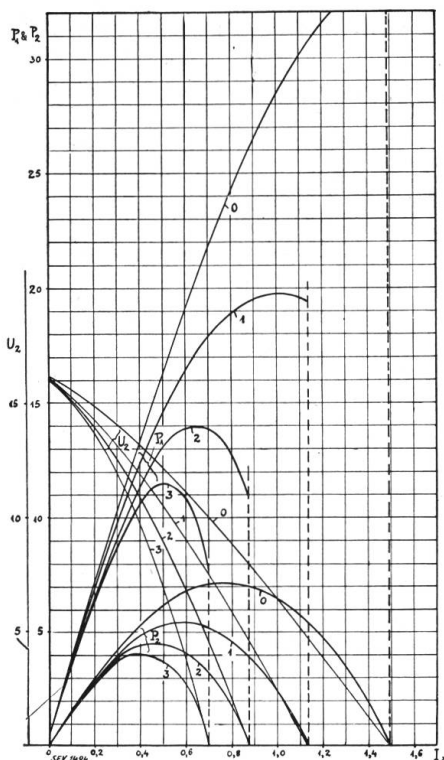


Fig. 3.

Prüfergebnis eines Kleintransformators für 5 VA, bei verschiedenen Beeinflussungsgraden des Hauptkraftflusses.

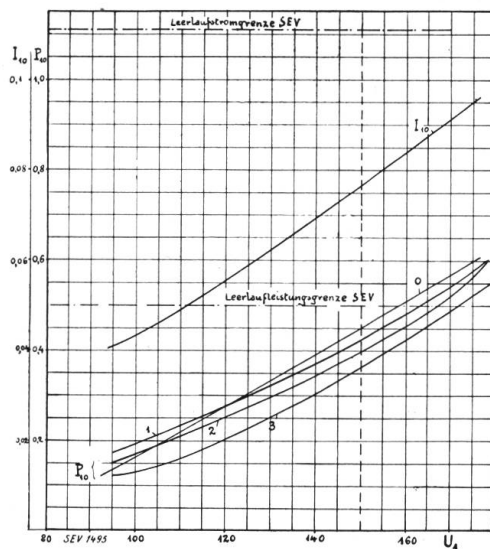


Fig. 4.

Leerlaufleistung und Leerlaufstrom eines 5 VA-Kleintransformators bei verschiedenen Beeinflussungsgraden des Hauptkraftflusses durch den Sekundärstrom.

und Kurven 3 bei stärkerer magnetischer Beeinflussung des Hauptkraftflusses. Hierbei sind die Kurven des Primärstromes weggelassen worden, da kein geeignetes Ampere-meter zur Verfügung stand. Bei allen vier Zuständen wurde mittels Thermoelementen die ungefähre Endtemperatur der Wicklungen festgestellt, und es ergaben sich im Fall 0: primär  $161^{\circ}\text{C}$ , sekundär  $154^{\circ}\text{C}$ ; im Fall 1: primär  $128^{\circ}\text{C}$ , sekundär  $122^{\circ}\text{C}$ ; im Fall 2: primär  $118^{\circ}\text{C}$ , sekundär  $112^{\circ}\text{C}$ ; im Fall 3: primär  $109^{\circ}\text{C}$ , sekundär  $103^{\circ}\text{C}$ . Die Wicklungen waren aus Emaildraht hergestellt. Da im Fall 1 die maximale Sekundärleistung 5,3 VA und im Fall 2 nur noch 4,4 VA betrug, so muss der Transformator so einreguliert werden, dass die maximale Sekundärleistung 5 VA beträgt, wobei bei Kurzschluss die Temperatur der Wicklungen weniger als  $120^{\circ}\text{C}$  betragen darf, was nach den Untersuchungen leicht zu erreichen ist. Ausser diesen Prüfungen wurden auch bei Leerlauf als Funktion der Primärspannung die Leerlaufleistung und der Leerlaufstrom aufgenommen, da nach den Normalien bei beiden gewisse Grenzwerte nicht überschritten werden dürfen. In Fig. 4 sind diese Prüfergebnisse dargestellt, und es zeigt sich auch hier, dass die festgesetzten Grenzwerte bei Normalspannung leicht eingehalten werden können. Damit ist aber auch bewiesen, dass es jederzeit möglich sein muss, bei zweckmässiger Konstruktion des Kleintransformators die festgesetzten Normalien einzuhalten.

Da nun das 5 VA-Modell eines Fabrikanten durch Aenderung der Wicklungs-

abmessungen auch als 10 VA-Modell in den Handel gebracht wird, so ist auch hier die Frage zu prüfen, ob die Kurzschlussicherheit nach den Normalien erreichbar ist. Schon bei der Prüfung ohne Beeinflussung des Hauptkraftflusses ergibt sich jedoch, dass dieses Modell auch bei erhöhter Sekundärspannung im Maximum weniger als 9 VA leistet. Durch Beeinflussung des Hauptkraftflusses sinkt die Sekundärleistung auch bei starker Erhöhung der Sekundärspannung so stark, dass bei Erreichung der vorgeschriebenen Maximaltemperatur der Wicklungen der Transformator nicht einmal eine Leistung von etwa 5 VA hergeben kann, so dass dieses Modell als kurzschlussicheres 10 VA-Modell unbrauchbar ist und die Prüfanstalt aus diesem Grunde dasselbe auch zurückweisen würde. Der Grund zu diesem Misserfolg liegt darin, dass der Eisenkörper und die Wicklungen unrichtig dimensioniert sind und zuerst ein völlig neuer Eisenkörper aus gestanzten Blechen dimensioniert werden müsste.

Zum Schlusse sollen nun noch die Prüfergebnisse für ein 20 VA-Modell mitgeteilt werden, um zu zeigen, dass auch hier die Kurzschlussicherheit ebenso leicht erreicht werden kann. Dabei muss jedoch ganz besonders hervorgehoben werden, dass die zur Verfügung gestandenen gestanzten Bleche des Transformators nicht zweckentsprechend dimensioniert waren, so dass die Wicklungen sehr stark zusammengedrängt werden mussten. Trotz dem Mangel ergab das Prüfergebnis, dass auch hier die Kurzschlussicherheit bei den vorgeschriebenen Grenzwerten erreichbar ist. In Fig. 5 sind die Prüfergebnisse als Funktion des Sekundärstromes bei Beeinflussung des Hauptkraftflusses durch den Sekundärstrom dargestellt. Der Transformator gibt im Maximum eine Sekundärleistung von 23 VA. Bei allseitigem Kurzschluss der Sekundärklemmen wurde durch Messung mit dem Thermolement in den Wicklungen primär  $121^{\circ}\text{C}$  und sekundär  $116^{\circ}\text{C}$  festgestellt, so dass dieses Modell auch als kurzschlussicher zu betrachten ist. Auch die Leerlaufleistung und der Leerlaufstrom liegen unterhalb den in den Normalien festgelegten Grenzwerten, so dass auch damit der Beweis erbracht ist, dass die Normalien mit Leichtigkeit eingehalten werden können. Wenn nun aber die Kurzschlussicherheit schon bei einem 20 VA-Modell erreichbar ist, so muss bei richtiger Dimensionierung des Eisenkörpers und der Wicklung diese auch bei 30 VA erreichbar sein, und der Verfasser hat durch oberflächliche Prüfung feststellen können, dass sogar ein 50 VA-Modell mit Sicherheit kurzschlussicher herstellbar ist.

Aus diesem Grunde hat der Verfasser in keiner Hinsicht eine Veranlassung, von seinem früheren Standpunkte abzuweichen, da tatsächlich mit Leichtigkeit diese festgesetzten Normalien bei zweckmässiger Konstruktion und Dimensionierung eingehalten werden können. Es wäre im Gegenteil die Frage zu prüfen, ob diese Normalien nicht etwa in der einen oder andern Richtung in anderen Ländern bereits überholt sind und deshalb ergänzt und verschärft werden müssen.

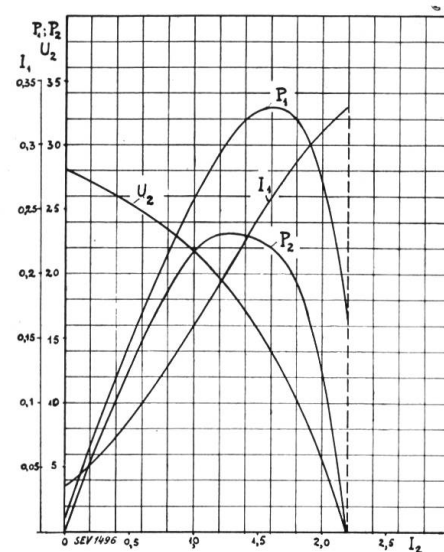


Fig. 5.

Prüfkurven eines 20 VA kurzschluss-sicheren Kleintransformators mit Beeinflussung des Hauptkraftflusses durch den Sekundärstrom.