

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 23 (1932)
Heft: 1

Artikel: Kritische Betrachtungen über Kleintransformatoren und über die Gesichtspunkte welche zur Neubearbeitung und Ergänzung der bestehenden Normalien des SEV für die Beurteilung derselben führen
Autor: Wirz, Emil
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1057440>

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: 21.02.2026

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

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:

Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens
et de l'Union de Centrales Suisses d'électricité, Zurich 8

EDITEUR ET ADMINISTRATION:

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei S. A., Zurich 4
Stauffacherquai 36/38

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXIII^e Année

N^o 1

Vendredi, 8 Janvier 1932

Kritische Betrachtungen über Kleintransformatoren und über die Gesichtspunkte welche zur Neubearbeitung und Ergänzung der bestehenden Normalien des SEV für die Beurteilung derselben führen.

Von Dr.-Ing. Emil Wirz, Privatdozent an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich.

621.314.222—181

Es werden die Resultate von Versuchen beschrieben und kommentiert, welche an einer Serie von Kleintransformatoren von 5 bis 100 VA Leistung ausgeführt wurden. Alle untersuchten Kleintransformatoren sind nach dem Verfahren des Autors, das im Bulletin des SEV 1930, No. 14, S. 469, beschrieben ist, kurzschlußsicher gemacht, d. h. bei voller Primärspannung und kurzgeschlossener Sekundärwicklung bleibt die Erwärmung unter einem bestimmten Grenzwert. Hierauf geht der Autor auf die Anwendungsmöglichkeiten und die Bedarfsfrage nach kurzschlußsicheren Kleintransformatoren ein und macht unter Begründung Vorschläge für die in Aussicht stehende Neubearbeitung der Kleintransformatornormalien des SEV. Zum Schluss wird die Ausführung von fabrikationsreifen Typen beschrieben.

Es sei ausdrücklich bemerkt, dass durch die Publikation dieses Artikels im Bulletin des SEV die Institutionen des SEV in keiner Weise Stellung nehmen zur Frage der Neubearbeitung der Kleintransformatornormalien.

L'auteur décrit et commente les résultats d'essais effectués sur une série de transformateurs de faible puissance, de 5 à 100 VA. Tous les transformateurs essayés sont rendus résistants aux courts-circuits selon le procédé de l'auteur, décrit au Bulletin ASE 1930, No. 14, p. 469, c'est-à-dire que sous pleine tension primaire et à enroulement secondaire court-circuité, l'échauffement ne dépasse pas une certaine valeur limite. L'auteur traite ensuite la question des applications et de la nécessité de transformateurs de faible puissance résistants aux courts-circuits et fait, en en donnant les raisons, des propositions pour la révision envisagée des normes de l'ASE pour transformateurs de faible puissance. Pour terminer, l'auteur décrit encore quelques types prêts à être fabriqués.

Nous tenons à faire remarquer que la publication de cet article dans le Bulletin ASE n'engage en aucune façon les institutions de l'ASE au sujet de la révision des normes en question.

I. Untersuchungen an kurzschlußsicheren Kleintransformatoren.

Der Verfasser stellte bereits im Jahre 1916¹⁾ Richtlinien und Leitsätze für Kleintransformatoren auf, welche in der Folge bei der Beratung in der Normalienkommission des SEV und VSE dazu führten, dass die Technischen Prüfanstalten des SEV beauftragt wurden, experimentelle Untersuchungen an solchen im Handel erhältlichen Kleintransformatoren durchzuführen. Die Resultate dieser Untersuchungen ergaben, dass es nötig war, bindende Richtlinien festzusetzen, um schwere Störmöglichkeiten in Hausinstallationen, hervorgerufen durch mangelhafte Kleintransformatoren, zu beseitigen.

Im Jahre 1926 sind die ersten Normalien für die Bewertung der Kleintransformatoren für Hausinstallationen in Kraft gesetzt worden. Im Laufe der Zeit von sechs Jahren ergab sich, dass diese Normalien einer Erweiterung und Neubearbeitung bedürfen; im Zeitpunkt der Inkraftsetzung der-

selben konnte das Anwendungsgebiet und die Wirkung dieser Normalien noch nicht voll überblickt werden, auch waren damals die technischen Unterlagen ungenügend.

Diese Neubearbeitung der Normalien wurde auch deshalb angeregt, weil aus Abnehmer- und Verbraucherkreisen geltend gemacht wurde, Kleintransformatoren, welche den Normalien entsprechen, wären im Handel gar nicht erhältlich und weil aus Fabrikantenkreisen geäußert wurde, dass es namentlich in bezug auf die durch die Normalien geforderte Kurzschlußsicherheit überhaupt nicht möglich wäre, solche Kleintransformatoren wirtschaftlich zu bauen.

Vor einiger Zeit hat jedoch der Verfasser²⁾ ein Verfahren angegeben, das ermöglicht, nicht nur Kleintransformatoren, sondern auch jeden beliebigen Transformator kurzschlußsicher zu bauen. Im folgenden sollen nun zuerst an Hand der Prüfergebnisse an den ersten Versuchsmodellen und den daraus hervorgegangenen Transformatoren die wesentlichen Gesichtspunkte besprochen werden.

¹⁾ E. Wirz, Kritische Betrachtungen über Klingeltransformatoren und ihre Tarifffrage beim Anschluss an Elektrizitätswerke. Bull. SEV 1916, Nr. 12.

²⁾ E. Wirz, Sind kurzschlußsichere Kleintransformatoren nach den Normalien des SEV praktisch ausführbar? Bull. SEV 1930, Nr. 14, S. 469.

Als Versuchsmodelle wurde zunächst je ein Kleintransformator der Typenreihe 5, 10, 20, 30, 50 und 100 VA hergestellt und dieselben einer eingehenden Prüfung und Begutachtung durch die Technischen Prüfanstalten des SEV unterzogen. In Fig. 1 ist diese Typenreihe der Modelltransformatoren dargestellt. Die primär- und sekundärseitigen Klemmen waren der Einfachheit halber aus Hartgummi hergestellt. Der Sockel und der Deckel wurden aus Eisenblech aus einzelnen Teilen ent-

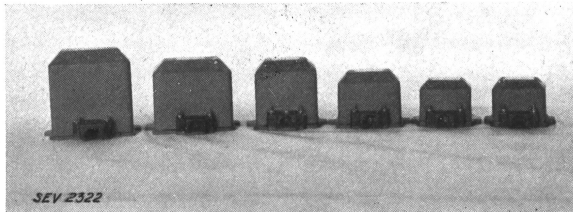


Fig. 1.
Versuchsmodelle von Kleintransformatoren
von 5 bis 100 VA.

sprechend der späteren Formgebung zusammengesetzt. Als Leitmotiv lagen der Konstruktion in erster Linie die Normalien des SEV für Kleintransformatoren, ferner die Schalter- und Steckkontaktnormalien des SEV zugrunde, und in zweiter Linie wurde bei der Konstruktion auf eine bestmögliche Lösung in bezug auf Feuchtigkeit und Staub Rücksicht genommen.

Für den Anschluss an das Netz und an die Schwachstromanlage wurden die Klemmen für Rohranschluss in der Weise vorgesehen, dass eine einwandfreie Verbindung zwischen Klemme und Rohrleitung gesichert war und bei Plombierung der Klemmendeckel eine ungewünschte Manipulation oder eine Freilegung der eigentlichen Klemmen ausgeschlossen war.

Aus diesen Gesichtspunkten heraus ergab sich die Notwendigkeit, nicht nur den Klemmensockel, sondern auch den Klemmendeckel für alle Typen aus Isoliermaterial herzustellen, da damit einmal die Klemme selbst auf kleinste Dimensionen reduziert werden konnte und ferner jede Gefahr der Berührung mit stromführenden Teilen ausgeschlossen wurde. Als Isoliermaterial wurde für die endgültige Ausführung der Klemmen Steatit gewählt, da dieses Material wenig hygroskopisch ist, hohe Durchschlagsfestigkeit besitzt und sich beim Brennen wenig verzieht und wenig schwindet, was bei Massenherstellung von grosser Wichtigkeit ist.

Gerade bei der Durchbildung der Klemmen konnte festgestellt werden, dass bei den marktgängigen Fabrikaten den Klemmen viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde und die meisten den praktischen Forderungen und den Vorschriften nur mangelhaft entsprechen; in der Regel werden Klemmen als ganz nebensächlich betrachtet, wodurch auch das äussere Aussehen des ganzen Apparates mehr oder weniger leidet.

Bei der Durchbildung dieser neuen Kleintransformatoren war nun ferner zu berücksichtigen, dass noch viele Anlagen mit den verschiedensten Betriebsspannungen arbeiten und dadurch die serienmässige Herstellung erschweren.

Durch diese vielen Netzspannungen wird für den Fabrikanten ein grosses und teures Lager an solchen Apparaten erforderlich und man ist deshalb bestrebt, diese Lagerhaltung zu vereinfachen, indem diese Kleintransformatoren für bestimmte Netzspannungsbereiche dimensioniert werden. Die Hauptschwierigkeit liegt hierbei bei der Festsetzung dieses Bereiches, da der Kleintransformator auch bei der untersten und obersten Grenzspannung des Spannungsbereiches noch befriedigend arbeiten muss. Versuche ergaben folgende günstige Grenzspannungen, innerhalb welcher sich die Normalien einwandfrei einhalten lassen: 100 bis 129 V, 130 bis 159 V, 160 bis 199 V, 200 bis 250 V. Der Spannungsbereich von 160 bis 199 V kommt praktisch nur selten vor; auf die Lagerhaltung entsprechender Apparate kann deshalb verzichtet werden. Diese Spannungsbereiche auf weiter auseinanderliegende Grenzwerte zu vergrössern, hat mehr Nachteile als Vorteile, weil entweder die unterste Grenzspannung ungenügende Werte der sekundären Klemmenspannung und der Leistung ergibt oder bei der obersten Grenzspannung die durch die Normalien vorgeschriebenen Werte nicht mehr eingehalten werden können.

Bei den ersten Versuchstransformatoren wurde auf diese Spannungsbereiche nur beiläufig Rücksicht genommen; die Apparate wurden zunächst für eine feste Spannung dimensioniert. Es sollte in erster Linie der Beweis erbracht werden, dass die Kurzschlusssicherheit nach den geltenden Normalien praktisch in jeder Hinsicht erreicht werden kann.

Die Untersuchung der Modelltransformatoren erstreckte sich auf die Bestimmung der Leerlaufleistung und des Leerlaufstromes, dann auf die Ermittlung der Sekundärspannung bei Leerlauf und bei Vollast und schliesslich auf die Feststellung, ob bei mehrstündigem allseitigem Kurzschliessen der Sekundärklemmen die vorgeschriebenen Grenztemperaturen der Wicklungen nicht überschritten werden. Gemäss dem Bericht der Technischen Prüfanstalten des SEV ergaben sich die in Tabelle I enthaltenen Resultate, bezogen auf eine Primärspannung von 220 V bei 50 Per/s.

Wie diese Resultate zeigen, wurden alle Bedingungen der Normalien eingehalten, mit Ausnahme der Uebertemperatur beim 100-VA-Transformator, dessen Primärwicklung um 8°C zu warm wurde; diese Temperatur kann jedoch mit Leichtigkeit reduziert werden, wie wir weiter unten beim endgültigen Transformator sehen werden. Auch beim 30-VA-Modell konnte der Leerlaufstrom ohne Schwierigkeiten auf niedrigere Werte herabgesetzt werden. Die zum Teil etwas zu niederen Sekundärspannungen wurden ebenfalls bei den endgültigen Transformatoren

Untersuchungsergebnisse an 6 Kleintransformatoren.

Tabelle I.

		Gemessene Werte						Nach den Normalien zulässig
		Typengrösse für						
		5 VA	10 VA	20 VA	30 VA	50 VA	100 VA	
Leerlaufleistung	W	0,256	0,512	0,87	1,92	2,30	4,64	—
Leerlaufleistung bezogen auf die Nennleistung	%	5,1	5,1	4,4	6,4	4,6	4,6	10
Nennstrom (VA : V) · 1000	mA	22,7	45,4	91,0	136	227	454	—
Leerlaufstrom	mA	1,5	5,5	14,5	45	45	116	—
Leerlaufstrom bezogen auf den Nennstrom	%	6,6	12,1	15,9	33,1	19,8	25,6	33,3
Sekundäre Nennspannung	V	10	10	20	20	20	20	—
Sekundäre Vollastspannung	V	10,25	11,36	17,4	16,9	18	19,5	—
Sekundäre Leerlaufspannung	V	14,10	14,42	22,8	20,8	22,1	23,8	2 mal Nennspannung
Kurzschlußstrom sekundär	A	1,21	2,85	2,55	4,0	6,4	13,0	—
Prüfung der Kurzschlußsicherheit								
Uebertemperatur: der Primärwicklung	°C	68,5	103	72	86	67	128	120
„ der Sekundärwicklung	°C	54,5	99	78	89	83	110	120

toren besser ausgeglichen, so dass bei allen Typen die auf dem Leistungsschild angegebenen Nennspannungen bei Vollast eingehalten wurden.

Damit ist der Beweis erbracht, dass die Kurzschlußsicherheit von Kleintransformatoren tatsächlich erreichbar ist. Auch bei den grösseren Typen ist die Kurzschlußsicherheit erreichbar, wobei sich Preis und Wirtschaftlichkeit in solchen Grenzen bewegen, dass der erzielbare Vorteil gegenüber dem Mehrpreis mehr als aufwiegt.

Gewisse Fragen, welche bei der Neubearbeitung der Normalien geregelt werden sollten, können nur an Hand von eingehenden Untersuchungen an fertigen Kleintransformatoren besprochen werden. Es betrifft dies in erster Linie den Leerlaufstrom, die Leerlaufleistung, die Leerlauf- und Vollastspannungen sekundär und den Kurzschlußstrom bei den primären Grenzspannungen, für welche der betreffende Transformator gebaut ist, da, wie oben bereits angedeutet wurde, es zweckmässig sein wird, diese Apparate primär für bestimmte Spannungsbereiche herzustellen. Hier muss aber ganz besonders hervorgehoben werden, dass es nicht Sache der Normalien sein kann, Spannungsbereiche und Grenzspannungen auf der Primärseite vorzuschreiben; die neuen Normalien sollten lediglich eine Bestimmung enthalten, dass, wenn ein Transformator für einen gewissen Spannungsbereich Verwendung finden soll, dieser Spannungsbereich auf dem Schilde deutlich angegeben werden muss, da es sonst nicht möglich ist, Grenzwerte für die Sekundärspannungen, der Leerlaufleistung, des Leerlaufstromes und des Kurzschlußstromes festzustellen. Es kann den Fabrikationsfirmen von Kleintransformatoren nicht zugemutet werden, ihre Apparate nach einem gegebenen primären Spannungsbereiche herzustellen, sondern es muss diesen überlassen bleiben, nach ihren eigenen Erfahrungen den Netzspannungsbereich eines Transformators festzusetzen; denn dieser Gesichtspunkt greift zu stark in die innere Dimensionierung und Konstruktion eines Apparates ein und würde nur eine

Erschwerung des Kleintransformatorenbaues herbeiführen. Da nun aber nach Erfahrung bei einem bestimmten primären Spannungsbereich bei der unteren Grenzspannung mit den Werten von Leerlaufleistung, Leerlaufstrom, sekundärer Leerlauf- und Vollastspannung und Kurzschlußströmen beziehungsweise der Temperaturen der Wicklungen stets niedrigere Werte erzielt werden, als diejenigen, welche bei der oberen Grenzspannung vorgeschrieben sind, so muss in den Normalien angegeben werden, auf welche Spannung des Spannungsbereiches sich die festgesetzten Normalwerte beziehen. Es wäre nämlich auch möglich, diese Normalwerte auf eine mittlere primäre Spannung des Spannungsbereiches zu beziehen, damit die Sekundärspannungen besser ausgeglichen sind; jedoch ergeben solche Festsetzungen recht unklare Verhältnisse für den oberen Spannungsgrenzwert.

Dass eine solche Festsetzung notwendig ist, lässt sich am besten zeigen, wenn bei einem Kleintransformator die Sekundärspannung und die Sekundärleistung als Funktion des Sekundärstromes in rechtwinkligen Koordinaten aufgetragen wird. In Fig. 2 sind für einen kurzschlußsicheren Kleintransformator von normal 5 VA Leistung die Belastungskurven dargestellt und zwar stellen die Kurven 1, 2, 3 die Spannungskurven und diejenigen 1a, 2a, 3a die Leistungskurven als Funktion des Sekundärstromes dar, wobei als primäre Spannung die obere, untere und mittlere Grenzspannung verwendet wurden. Wie daraus hervorgeht, ist bei der primären Grenzspannung von 250 V die sekundäre Vollastspannung bei Nennstrom grösser als die Nennspannung, dagegen ist dieselbe bei 200 V Primärspannung etwas zu klein. Für die mittlere Primärspannung von 225 V entsprechen die sekundären Spannungsverhältnisse ungefähr den Nennwerten, so dass daher bei diesem Transformator die sekundären Spannungsverhältnisse sehr gut ausgeglichen sind. Daraus ergibt sich die Forderung, dass bei einem solchen Kleintransformator die sekundäre Vollastspannung bei Nennstrom stets

bei einer primären Mittelspannung des Spannungsbereiches vorhanden sein soll.

Für die Belastungskurve, d. h. für die Sekundärleistung als Funktion des Sekundärstromes, liegen die Verhältnisse ähnlich, indem nach Fig. 2 die sekundäre Leistung bei der unteren Spannungsgrenze annähernd die Nennleistung erreicht und

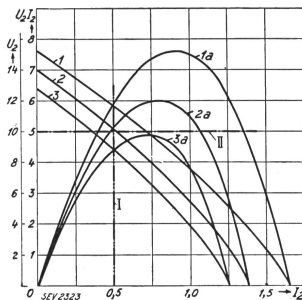


Fig. 2.

Kurzschlußsicherer 5-VA-Kleintransformator.

Belastungs- und Spannungs-kurven als Funktion des Sekundärstromes.
1, 2, 3 = Sekundärspannungen bei 250, 220, 200 V primär.
1a, 2a, 3a = Sekundärleistungen bei 250, 220, 200 V primär.
I = Vollast.
II = Nennleistung und Nennspannung.

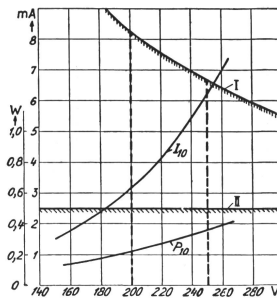


Fig. 3.

Leerlaufstrom und Leerlaufverlust als Funktion der Primärspannung, mit angegebenen Grenzwerten nach den Normalien.
I = Leerlaufgrenzstrom.
II = Leerlaufgrenzleistung.

bei der oberen Spannungsgrenze sogar im Maximum ungefähr das anderthalbfache der Nennleistung hergibt. Für eine Mittelspannung leistet daher dieser Kleintransformator bei Nennstrom noch bedeutend mehr als wofür er bestimmt ist; auch hier sind deshalb die Leistungsverhältnisse gut ausgeglichen.

Ausser diesen Belastungs- und Spannungsverhältnissen müssen auch die Leerlaufverhältnisse untersucht werden. Zu diesem Zwecke wird der Kleintransformator primär an verschiedene Spannungen angeschlossen und bei denselben die aufgenommene Leistung und der Strom ermittelt. Bei diesem kleinen Transformator ergeben sich dabei gewisse Schwierigkeiten, da für die sehr kleinen Ströme und Leistungen besondere Messinstrumente erforderlich sind. Verwendet wurde ein Wechselstrommilliampèremeter (Drehspulenprinzip) mit eingebautem Thermoumformer und ein Wattmeter für sehr kleine Ströme.

In Fig. 3 sind Leerlaufstrom und Leerlaufleistung als Funktion der Primärspannung dargestellt und gleichzeitig die zulässigen Grenzwerte für Leerlaufleistung und für Leerlaufstrom eingetragen. Für den Grenzwert des Leerlaufstromes kommt hierbei kein fester Wert in Betracht, da mit der primären Klemmenspannung auch der Grenzwert ändert, so dass dieser als Kurve erscheint. Wie Fig. 3 zeigt, werden bei diesem Kleintransformator die vorgeschriebenen Grenzwerte eingehalten, jedoch erreicht der Leerlaufstrom bei der oberen Grenzspannung des Spannungsbereiches beinahe den Grenzwert, während der Wert der Leerlaufleistung erheblich unterhalb der Grenze bleibt. Für

die Leerlaufleistung könnte daher ohne Bedenken der Grenzwert von 10 auf 8 % reduziert werden.

Nach dieser Leerlaufmessung wurde der Kleintransformator während ca. vier Stunden mit sekundär kurzgeschlossenen Klemmen an eine Netzspannung von 250 V angeschlossen und der Kurzschlussstrom und die Temperaturen der Wicklungen aus Widerstandsmessungen in kaltem und warmem Zustande gemessen. In kaltem Zustande ergab sich bei dieser Grenzspannung ein Kurzschlußstrom von 1,65 A, der nach vierstündigem Kurzschluss auf 1,4 A zurückging. Aus der Widerstandsmessung der Wicklungen ergaben sich die Erwärmungen zu 91° C für die Primärwicklung und 72° C für die Sekundärwicklung, so dass diese Type in bezug auf die Kurzschlußsicherheit den Normalien entspricht.

Auf dieselbe Weise wurde nun auch die zweite Type für 10 VA Leistung untersucht; Fig. 4 zeigt die zugehörigen Spannungs- und Leistungskurven als Funktion des Sekundärstromes. Diese Type unterscheidet sich von der 5-VA-Type nur durch einen etwas grösseren Eisenkernquerschnitt; im übrigen sind die Verhältnisse gleich geblieben. Wie Fig. 4 zeigt, sind auch hier die Spannungs- und Leistungsverhältnisse gut ausgeglichen und entsprechen den Normalien. Bei dieser Type sind die maximalen sekundären Leistungen prozentual grösser geworden als bei der 5-VA-Type; diese Verhältnisse hängen mit dem grösseren Eisenquerschnitt zusammen.

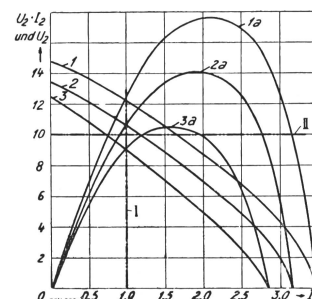


Fig. 4.

Kurzschlußsicherer 10-VA-Kleintransformator.

Belastungs- und Spannungs-kurven als Funktion des Sekundärstromes.
1, 2, 3 = Sekundärspannungen bei 250, 220, 200 V primär.
1a, 2a, 3a = Sekundärleistungen bei 250, 220, 200 V primär.
I = Vollast.
II = Nennleistung und Nennspannung.

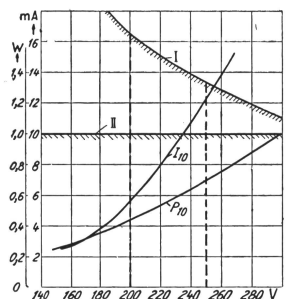


Fig. 5.

Leerlaufstrom und Leerlaufverlust als Funktion der Primärspannung mit eingezeichneten Grenzwerten nach den Normalien des SEV.
I = Leerlaufgrenzstrom.
II = Leerlaufgrenzleistung.

In Fig. 5 sind auch für diese Type die Leerlaufverhältnisse dargestellt; es bleiben sowohl die Leerlaufleistung als auch der Leerlaufstrom unterhalb der vorgeschriebenen Grenzwerte. Die Leerlaufleistung bleibt wieder erheblich unterhalb dem Grenzwert; auch hier könnte ohne Bedenken ein zulässiger Verlust von 8 statt 10 % zugelassen werden, da damit auch eine etwas schlechtere Blechqualität verwendet werden kann, die eine Herabsetzung des Leerlaufstromes mit sich bringt. Eine

Heraufsetzung der Eisenbeanspruchung ist hier ebensowenig wie bei der 5-VA-Type möglich, da sonst der Leerlaufstrom bei der oberen Grenzspannung den Grenzwert übersteigen würde.

Bei der Neubearbeitung der Normalien ist auch in bezug auf die Leerlaufstromgrenze eine genauere Umschreibung derselben vorzunehmen, in dem Sinne, dass bei der Angabe eines primären Spannungsbereiches auf dem Leistungsschild der vorgeschriebene Leerlaufgrenzstrom aus der angegebenen oberen primären Grenzspannung berechnet werden muss. Andererseits wäre aber auch die Berechnung des zulässigen Leerlaufgrenzstromes aus der mittleren Primärspannung des Spannungsbereiches denkbar, ähnlich wie dies für die Sekundärspannung vorgeschlagen wurde. Eine solche Festsetzung würde aber voraussetzen, dass auf dem Leistungsschild neben den Grenzspannungen auch noch die mittlere Spannung angegeben würde, z. B.

in der Form $\frac{200-250}{225}$ V, was aber eine unnötige

Belastung des Leistungsschildes ergeben würde und leicht zu Irrtümern führen kann.

Da man sich heute bestrebt, den Leistungsfaktor der Verteilnetze zu verbessern, so sollte auch bei den Kleintransformatoren, welche in grosser Zahl an alle möglichen Netze angeschlossen werden, der Leerlaufstrom herabgesetzt werden, woraus folgt, diese Berechnung aus der oberen Grenzspannung vorzunehmen, da dort der grösste Leerlaufstrom zu erwarten ist.

Bei der Prüfung auf Kurzschlußsicherheit ergab sich bei 250 V Primärspannung und in kaltem Zustande ein sekundärer Kurzschlußstrom von 3,2 A, welcher in warmem Zustande auf 2,92 A herunterging. Aus der Widerstandsmessung bei kalter und warmer Wicklung ergaben sich dann nach ca. vierstündigem Kurzschluss die Uebertemperaturen in der Primärwicklung zu 115° C und in der Sekundärwicklung zu 106° C, so dass auch diese Type in bezug auf Kurzschlußsicherheit den Normalien genügt. Diese Uebertemperaturen können durch geeignete Massnahmen²⁾ leicht auf etwa 100° C reduziert werden.

Die Untersuchung erstreckte sich weiter auf einen 20-VA-Kleintransformator, welcher in seinem Aufbau genau denjenigen der 5- und 10-VA-Type entspricht; es sind nur die Dimensionen etwas grösser. Die Belastungs- und Spannungsverhältnisse dieser Type sind in Fig. 6 dargestellt. Die allgemeinen Verhältnisse liegen ganz ähnlich wie bei den kleineren Typen. Auch hier sind die Spannungs- und Leistungsverhältnisse sehr gut ausgeglichen, so dass bei einer mittleren Primärspannung des Spannungsbereiches Nennleistung und Spannung eingehalten werden. Dieser 20-VA-Kleintransformator wird normal für 20 V sekundär gebaut, so dass der sekundäre Kurzschlußstrom nicht wesentlich höher ist als bei der 10-VA-Type. In kaltem Zustand beträgt dieser Kurzschlußstrom 3,52 A bei Anschluss an eine Primärspannung von 250 V und 2,5 A bei einer Primärspannung von

200 V. Der Verlauf der Sekundärspannung als Funktion des Sekundärstromes bewegt sich in derselben Weise wie bei den kleinen Typen, nur dass hierbei der Spannungsabfall infolge des grösseren Kupferquerschnittes und der kleineren Windungszahl kleiner geworden ist. Die Prüfung dieser Type auf Kurzschlußsicherheit ergab nach ca. vierstündigem Kurzschluss durch Widerstandsmessung in kaltem und warmem Zustande in der Primärwicklung eine Uebertemperatur von 79° C und in der Sekundärwicklung eine solche von 85° C bei Anschluss der Primärwicklung an 250 V, so dass auch dieser 20-VA-Kleintransformator den Normalien genügt.

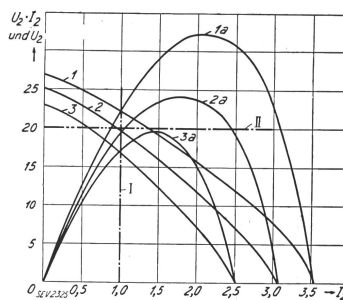


Fig. 6.

Kurzschlußsicherer 20-VA-Kleintransformator.

Belastungs- und Spannungs-kurven als Funktion des Sekundärstromes.

1, 2, 3 = Sekundärspannungen bei 250, 220, 200 V primär.
1a, 2a, 3a = Sekundärleistungen bei 250, 220, 200 V primär.

I = Vollast.

II = Nennleistung und Nennspannung.

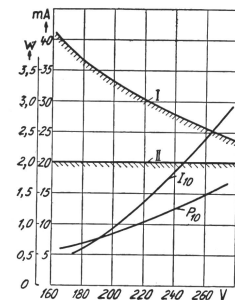


Fig. 7.

Leerlaufstrom und Leerlaufverlust als Funktion der Primärspannung, mit eingezeichneten Grenzwerten nach den Normalien des SEV.

I = Leerlaufgrenzstrom.

II = Leerlaufgrenzleistung.

Bei der Untersuchung in bezug auf die Leerlaufverhältnisse zeigte sich, dass der Verlauf des Leerlaufstromes und der Leerlaufleistung als Funktion der Primärspannung ähnlich ist wie bei den kleineren Typen, nur dass der Leerlaufstrom bei der oberen Grenzspannung unterhalb der Grenze liegt und die Leerlaufleistung kaum die Hälfte der Grenzleistung erreicht. Mit zunehmender Leistung scheint daher, dass die prozentuale Leerlaufleistung stark abnimmt und deshalb praktisch der Grenzwert mit zunehmender Leistung reduziert werden könnte oder aber auch eine schlechtere Blechqualität verwendet werden kann, so dass dann der Leerlaufstrom etwas stärker reduziert wird. In Fig. 7 sind die Leerlaufverhältnisse als Funktion der Primärspannung dargestellt, wobei der Leerlaufgrenzstrom wieder eine Kurve und die Leerlaufgrenzleistung eine horizontale Linie ist.

Als weiteres Modell eines Kleintransformators wurde nun eine 30-VA-Type untersucht; das Ergebnis zeigt Fig. 8. Auch bei dieser Type sind die Spannungsverhältnisse und die Leistungsverhältnisse gut ausgeglichen und verlaufen wie bei den kleineren Typen. Da in Fig. 8 die Spannungen und Leistungen in einem anderen Maßstabe aufgetragen sind, so fallen die Nennlinien für die sekundäre Spannung und Leistung nicht mehr zusammen.

Für den Kurzschlußstrom bei kaltem Zustande und bei Anschluss an eine Primärspannung von 250 V ergaben sich 4,06 A und bei Anschluss an 200 V 2,93 A. Bei diesem Kleintransformator musste eine fünfständige Kurzschlussprüfung vorgenommen werden, um die Endtemperatur zu erreichen, da er bereits verhältnismässig viel Eisen besitzt. Bei Anschluss an eine Primärspannung von 250 V wurde dann durch Widerstandsmessung im kalten und warmen Zustand die Uebertemperatur in der Primärwicklung zu 82° C und in der Sekundärwicklung zu 81° C ermittelt, so dass damit auch die 30-VA-Type in bezug auf Kurzschlußsicherheit den Normalien entspricht. Da diese 30-VA-Type in der vorliegenden Reihe eine Grenztype darstellt, wenigstens in bezug auf die Eisenabmessungen, so war es nicht leicht, dieselbe kurzschlußsicher zu erhalten, während die nächstgrössere Type wieder sehr leicht kurzschlußsicher herstellbar war.

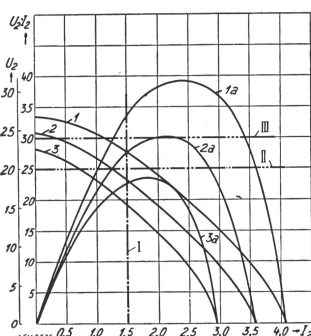


Fig. 8.

Kurzschlußsicherer 30-VA-Kleintransformator.

Spannungs- und Belastungskurven als Funktion des Sekundärstromes.
1, 2, 3 = Sekundärspannungen bei 250, 220, 200 V primär.
1a, 2a, 3a = Sekundärleistungen bei 250, 220, 200 V primär.
I = Vollast.
II = Nennleistung sekundär.
III = Nennspannung sekundär.

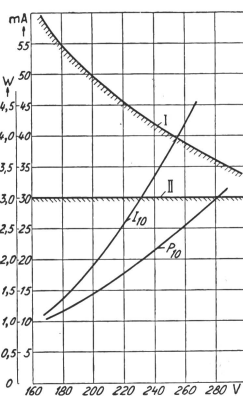


Fig. 9.

Leerlaufstrom und Leerlaufleistung als Funktion der Primärspannung, mit eingezeichneten Grenzwerten nach den Normalien des SEV.
I = Leerlaufgrenzstrom.
II = Leerlaufgrenzleistung.

Die Untersuchung der Leerlaufverhältnisse bei dieser 30-VA-Type ergab wieder ungefähr dasselbe Bild wie bei den kleineren Typen und der Leerlaufstrom konnte gegenüber dem ersten Modell noch reduziert werden, ohne dass hierbei das Kupfergewicht wesentlich erhöht wurde. Auch bei dieser Type ergab die Leerlaufleistung sehr niedere Werte, so dass ein Grenzwert von 6 % noch gut ausreichen würde (Fig. 9).

Die Prüfung besonders dieser Type zeigt nun einwandfrei, dass die bestehenden Normalien in jeder Beziehung praktisch durchführbar sind und auch die grösseren Kleintransformatoren nach denselben Gesichtspunkten ausführbar sind, wie übrigens bereits durch die ersten Modelltransformatoren dargetan wurde.

Es dürfte deshalb kein Grund vorliegen, die geltenden Normalien im Sinne einer Erleichterung

zu ändern, da denselben entsprechende Kleintransformatoren in der Schweiz hergestellt und für alle Leistungen gebaut werden können.

Dass in bezug auf die Sekundärspannung und in bezug auf die Leistung im Sinne der Stark- und Schwachstromvorschriften eine gewisse Grenze gezogen werden muss, ist selbstverständlich; jedoch sind diese Grenzen in den bestehenden Normalien viel zu niedrig gehalten und sollten unbedingt erhöht werden, da sonst grosse Anwendungsgebiete (z. B. die Sicherungsanlagen im Eisenbahnbetrieb und die Steuertransformatoren im Aufzugbau usw.) gar nicht erfasst werden.

Die Leistungsgrenze dieser Kleintransformatoren ist in der Hauptsache nur durch die Kurzschlußströme bedingt, da ja in erster Linie Sicherungen für diese Apparate beseitigt werden sollen. An Hand der Prüfergebnisse werden wir deshalb am Schlusse dieser Arbeit auf die Gesichtspunkte zurückkommen, welche für die Festlegung dieser Grenzleistungen massgebend sein dürften.

Im folgenden sollen nun noch die Prüfergebnisse über die beiden Typen für 50 und 100 VA Leistung mitgeteilt werden, die an den endgültigen Kleintransformatoren erhalten wurden.

Fig. 10 zeigt die Belastungs- und Spannungs-kurven als Funktion des Sekundärstromes für den 50-VA-Kleintransformator. Da diese Type in den bestehenden Normalien noch nicht als kurzschlußsicher erfasst ist, wurden die gleichen Gesichtspunkte für die Prüfung derselben in Betracht gezogen wie für diejenigen bis 30 VA Leistung. Der Verlauf dieser Belastungs- und Spannungs-kurven ist derselbe wie bei den kleineren Typen, nur dass der Spannungsabfall hier noch etwas kleiner ausgefallen ist. In bezug auf die primäre Spannungsgrenze ergab sich hierbei, dass dieselbe auch für grössere Leistungen als 30 VA anwendbar ist; jedoch empfiehlt es sich, diese Apparate für eine primäre feste Spannung auszuführen, damit die Sekundärspannung nicht zu stark unter die Nenn-grenze sinkt und damit die Sekundärleistung, welche auf dem Leistungsschild angegeben ist, noch herausgebracht wird.

Bei der Prüfung auf Kurzschlußsicherheit ergaben sich für die Kurzschlußströme bei 250 V primär 6,5 A und bei 200 V 5,3 A. Die Messung der Widerstände in kaltem und warmem Zustande der Wicklungen ergab für die Uebertemperaturen primär 75° C und sekundär 86° C, was den Normalien entspricht und daher auch diese 50-VA-Type als kurzschlußsicher angesprochen werden kann. Die Kurzschlußsicherheit dieses 50-VA-Kleintransformators war leichter zu erreichen als bei der 30-VA-Type, da die Eisendimensionen im Verhältnis zu denjenigen der 30-VA-Type sehr reichlich sind.

Fig. 11 zeigt die gemessenen Werte der Leerlaufleistung und des Leerlaufstromes als Funktion der Primärspannung und die Grenzkurven entsprechend den Normalien. Auch bei dieser Type bleibt die Leerlaufleistung erheblich unterhalb von

10 % der Vollastleistung. Auch hier wäre die Abstufung oder die Herabsetzung dieses Grenzwertes gut möglich. Beim oberen Grenzstrom des primären Spannungsbereiches lässt sich der Leerlaufstrom einhalten und man erkennt, dass mit zunehmender Leistung des Kleintransformators zu immer höheren Werten der Eisenbeanspruchung geschritten werden kann, ohne dass der Leerlauf-

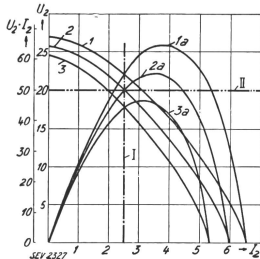


Fig. 16.

Kurzschlußsicherer 50-VA-Kleintransformator.

Spannungs- und Belastungskurven als Funktion des Sekundärstromes. I, 2, 3 = Sekundärspannungen bei 250, 225, 200 V primär. 1a, 2a, 3a = Sekundärleistungen bei 250, 225, 200 V primär. I = Vollast. II = Nennleistung und Nennspannung.

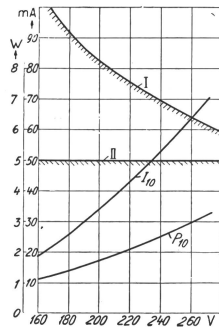


Fig. 11.

Leerlaufstrom und Leerlaufleistung als Funktion der Primärspannung, mit eingezeichneten Grenzwerten nach den Normalien des SEV. I = Leerlaufgrenzstrom. II = Leerlaufgrenzleistung.

grenzstrom den zulässigen Wert überschreitet. Damit wird auch gezeigt, dass die Wahl des Leerlaufstromgrenzwertes, $\frac{1}{3}$ des aus der Nennleistung mittels der primären Grenzspannung des Spannungsbereiches berechneten Vollaststromes, ein sehr guter ist. Dessen Hinaufsetzung ist weder angebracht noch aus praktischen Gründen gerechtfertigt, da diese Leerlaufströme so weit wie immer möglich auf Minimalwerte herabgesetzt werden sollten.

Schliesslich wurde noch der 100-VA-Kleintransformator untersucht (Fig. 12). Die Belastungs- und Spannungskurven verlaufen wiederum ähnlich wie bei den Apparaten kleinerer Leistung. Auch der früher angegebene Spannungsbereich kann angewendet werden, jedoch wird es für viele praktische Zwecke besser sein, wenn Kleintransformatoren dieser Leistung für eine feste primäre Netzspannung dimensioniert werden, damit sich auf der Sekundärseite einwandfreiere Verhältnisse in bezug auf die Sekundärspannung ergeben. Infolge des wesentlich grösseren Eisen- und Kupferquerschnittes würde der Spannungsabfall klein werden; durch die Massnahmen, welche die Kurzschlußsicherheit hervorbringen, wird er jedoch ungefähr auf die gleiche Höhe gebracht wie bei den kleineren Typen. Immerhin lässt sich dieser Kleintransformator noch gut zur Speisung von Glühlampen verwenden, ohne dass ein den Glühlampen gefährlicher Spannungssprung eintritt. Fig. 13 zeigt das Resultat des Leerlaufversuches und die für die kleineren Typen geltenden Grenzwerte der Normalien. Da bei dieser Type die Eisenbeanspruchung ziemlich stark in die

Höhe getrieben wurde, um das Kupfergewicht möglichst zu reduzieren, ist die Kurve für den Leerlaufstrom stark gebogen und der Leerlaufstrom erreicht bei der oberen Spannungsgrenze nahezu den Grenzwert. Diese Erscheinung ist auf die kleinere Jochverstärkung zurückzuführen; jedoch entsprechen die erhaltenen Resultate den Normalien vollkommen.

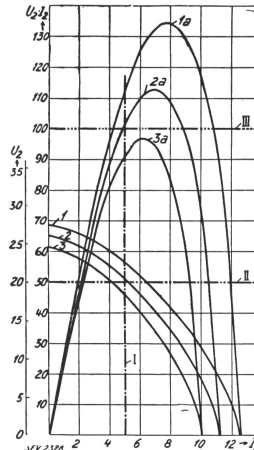


Fig. 12.

Kurzschlußsicherer 100-VA-Kleintransformator.

Spannungs- und Belastungskurven als Funktion des Sekundärstromes. I, 2, 3 = Sekundärspannungen bei 250, 225, 200 V primär. 1a, 2a, 3a = Sekundärleistungen bei 250, 225, 200 V primär. I = Vollast. II = Nennleistung und Nennspannung. III = Nennleistung.

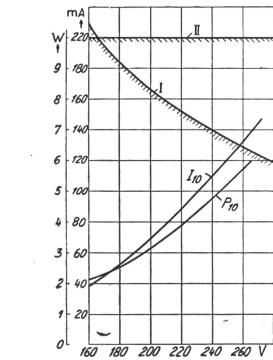


Fig. 13.

Leerlaufstrom und Leerlaufverlust als Funktion der Primärspannung, mit eingezeichneten Grenzwerten nach den Normalien des SEV. I = Leerlaufgrenzstrom. II = Leerlaufgrenzleistung.

Bei der Prüfung der Kurzschlußsicherheit ergab sich für den sekundären Kurzschlußstrom bei der oberen primären Grenzspannung des Spannungsbereiches, also bei 250 V, ein Strom von 12,6 A und bei der unteren Grenzspannung ein solcher von 10,0 A, bei kalten Wicklungen.

Nach fünfstündigem Kurzschluss der Sekundärseite, bei Anschluss primär an 250 V, ergaben sich aus der Widerstandszunahme Erwärmungen von 95° C auf der Primärseite und von 85° C auf der Sekundärseite, so dass auch diese Type in bezug auf Kurzschlußsicherheit den Normalien, welche für Typen bis 30 VA gelten, entspricht.

Damit ist also gezeigt, dass praktisch bis zu einer Leistung von 100 VA die bestehenden Normalien einwandfrei eingehalten werden können; es sei bemerkt, dass diese Apparate auch wirtschaftlich herstellbar sind. Es sind aber noch weit grössere Transformatoren wirtschaftlich kurzschlußsicher herstellbar, so dass dem Hinaufsetzen der Leistungsgrenze der kurzschlußsicheren Transformatoren bis 1000 VA Leistung nichts im Wege steht. Für viele Zwecke werden sogar Transformatoren über 1000 VA Leistung kurzschlußsicher oder doch mit stark vergrösserter Streuung verlangt und auch notwendig werden, so dass dem Prinzip, welches diesen Transformatoren zu Grunde liegt, grosse Bedeutung zukommt. Wie die Herstellung

dieser kurzschlußsicheren Transformatoren lehrte, nimmt mit zunehmender Leistung das Gewicht stärker zu als bei gewöhnlichen Transformatoren, weil die grösseren Ströme grössere Kupferquerschnitte erfordern, was seinerseits bewirkt, dass durch Vergrösserung des Eisenquerschnittes und der Eisenbeanspruchung die Windungszahlen der Wicklungen herabgesetzt werden müssen. Die Gewichtszunahme des kurzschlußsicheren Transformators gegenüber dem gewöhnlichen bewegt sich jedoch immer noch in bescheidenen Grenzen und rechtfertigt durch den Wegfall von Sicherungen und der damit verbundenen grösseren Sicherheit der Leitungsanlagen den damit verbundenen Mehrpreis.

II. Besondere Anwendungsgebiete von kurzschlußsicheren Kleintransformatoren.

Im allgemeinen hat der Wegfall von Sicherungen für bestimmte Zwecke grosse Vorteile. Als Beispiel sei der Aufzugsbau erwähnt. Sind die Sicherungen der Steuerorgane zu kräftig, so verbrennt der Transformator, sind sie zu schwach, so schmelzen sie durch und der Aufzug bleibt wiederum stehen. Bei Verwendung von kurzschlußsicheren Transformatoren dagegen verbrennen bei Bruch der Kontakte der Steuerorgane oder bei Kurzschluss der Steuerleitungen weder Transformatoren noch schmelzen Sicherungen durch, da keine vorhanden sind, so dass die Reparaturkosten minimal werden. Die etwas höheren Anschaffungskosten machen sich deshalb recht bald bezahlt; gleichzeitig wird die Betriebssicherheit der Anlage erhöht.

Im Sicherungswesen der Eisenbahnen, namentlich bei elektrischer Traktion, ist der kurzschluss-sichere Transformator berufen, eine besondere Rolle zu spielen, weil erhöhte Betriebssicherheit solcher Anlagen von grosser Bedeutung ist und die oft zu Störungen Anlass gebenden Schmelzsicherungen weggelassen werden können. Versagen die Sicherungen oder sonstigen Sicherungsapparate durch Schmelzen oder Verbrennen infolge von Kurzschlüssen in den Leitungen, so wird der Zweck einer solchen Anlage illusorisch. Der kurzschluss-sichere Transformator macht zum vornherein Schmelzsicherungen überflüssig; bei Kurzschlüssen verbrennt er nicht, sondern es sinkt nur die Sekundärspannung, worauf besondere Anzeigeapparate aufmerksam machen können.

Auch für Kleingleichrichteranlagen bringt der kurzschlußsichere Transformator Vorteile mit sich, indem die Begrenzung der Ströme im Sekundärkreise die Gleichrichterapparate schützt und im Primärkreis die Sicherungen entbehrlich macht.

Ein weiteres grosses Anwendungsgebiet hat dem Kleintransformator die Radiotechnik erschlossen; dasselbe ist so bedeutend, dass die zugehörigen Spezialtransformatoren auch in den Normalien mitberücksichtigt werden sollten; denn sie fallen speziell in das Gebiet der Hausinstallationsvorschriften. Hierbei sind zwei Arten von Kleintransforma-

toren zu unterscheiden, nämlich *eingebaute Transformatoren*, welche die Netzspannung auf verschiedene Sekundärspannungen diverser Kreise transformieren, wobei der primäre Kreis für verschiedene Netzspannungen ausgebildet werden kann, und sogenannte *Zwischentransformatoren*, welche den für eine bestimmte Spannung gebauten Radioapparat für verschiedene und beliebige Netzspannungen verwendbar macht.

Als Einbautransformatoren kommen stets nur solche mit getrennten Primär- und Sekundärwicklungen in Betracht; dieselben müssen nach den Normalien als kurzschlußsichere Transformatoren ausgeführt werden, wenn man lästige Sicherungen in den Radioapparaten vermeiden will.

Für die zweite Art, die Zwischentransformatoren, werden meistens nur sogenannte Einspulen-transformatoren oder Autotransformatoren verwendet. Dieselben werden sehr billig zu den Radioapparaten abgegeben. Diese Transformatoren entsprechen nicht den Normalien und sind in der Regel so minder guter Güte und Qualität, dass dieselben eine stete Gefahrenquelle bilden. Die Vorschriften und Normalien bedürfen in dieser Richtung dringend einer Ergänzung.

Allgemein sollte die Frage endgültig geregelt werden, ob überhaupt Transformatoren in Sparschaltung in Hausinstallationen zugelassen oder dauernd verboten werden sollen, da das Prinzip dieser Transformatorenart stets die Gefahr mit sich bringt, dass bei einem einseitigen Bruche der Leitung die Sekundärseite die volle Netzspannung erhält. Für viele Zwecke können jedoch Spar- oder Autotransformatoren nicht entbehrt werden; sie sollten aber in Hausinstallationen, wo Laien alle möglichen Anschlussapparate bedienen und an das Netz anschliessen, vermieden werden. Es wird deshalb zweckmässig sein, in den neuen Normalien zu bestimmen, dass Spartransformatoren nur in speziellen Fällen verwendet werden dürfen.

In neuester Zeit dient das Neonlicht viel zu Reklamezwecken und es zeigt sich, dass der kurzschlußsichere Kleintransformator bei solchen Anlagen ein dankbares Anwendungsgebiet findet. Die Neon-Leuchtröhren benötigen Transformatoren mit sehr grosser Streuung, um ein Flackern des Lichtes zu vermeiden. Es handelt sich daher nicht um eigentlich vollständig kurzschlußsichere Apparate, sondern eher um solche mit grosser Streuung, eine Forderung, welche die beschriebenen kurzschluss-sicheren Kleintransformatoren in beliebiger Abstufung erfüllen. Eine neue Schwierigkeit besteht dabei in der Isolation für die hohe sekundäre Betriebsspannung. Die heutige Isoliertechnik meistert jedoch auch diese Schwierigkeit verhältnismässig leicht bis zu Betriebsspannungen von 10 000 bis 20 000 V.

Erwähnt seien auch die elektrisch angetriebenen Kleinwerkzeuge, wie Niethämmer, Bohr- und Schleifmaschinen etc., deren Sicherheit, wenn sie über einen kurzschlußsicheren Kleintransformator angeschlossen werden, erhöht wird, und auf deren

Isolation kein so grosses Gewicht mehr gelegt werden muss. Kurzschlüsse in den Kleinwerkzeugen übernimmt der Transformator, bis dieselben behoben sind, ohne dass die Netzsicherungen ansprechen.

Auch auf dem Gebiet der Spielzeugtransformatoren ist der zweckmässig konstruierte kurzschluss-sichere Kleintransformator berufen, die Sicherheit zu erhöhen.

III. Vorschläge und Gesichtspunkte für die Neubearbeitung der Normalien des SEV.

An Hand dieser Untersuchungen sollen nun noch einige Vorschläge und Gesichtspunkte besprochen werden, die sich für die Neubearbeitung der Normalien ergeben.

A. Einteilung der Klassen a) und b) in Unterabteilungen und ihre Leistungsgrenze.

In den bestehenden Normalien für Kleintransformatoren wurden zwei Klassen festgesetzt, nämlich:

- a) kurzschlußsichere Kleintransformatoren für maximal 30 VA Leistung und eine maximale Sekundärspannung von 50 V;
- b) nicht kurzschlußsichere Kleintransformatoren für eine maximale Leistung von 500 VA und eine maximale Sekundärspannung von 50 V.

Hierbei ist die Klasse a) für alle Netzspannungen bis 250 V anwendbar, während die Klasse b) für jede beliebige Netzspannung angewendet werden darf.

Wie nun bereits erwähnt wurde, tritt nun die Frage in den Vordergrund, ob es nicht angebracht sei, in den neuen Normalien für Kleintransformatoren für beide Klassen a) und b) die Leistungsgrenze auf 500 VA oder sogar auf 1000 VA hinaufzusetzen, um den praktischen Bedürfnissen besser gerecht zu werden und um möglichst alle vorkommenden Anwendungsgebiete zu erfassen. Zugleich ergibt sich ein praktisches Bedürfnis, beide Klassen in Untergruppen zu unterteilen, damit den verschiedenen Verwendungszwecken von Kleintransformatoren mit verschiedenen hohen Sekundärspannungen besser Genüge geleistet werden kann und um andererseits den Vorschriften über Stark- und Schwachstrom gerecht zu werden. Alle diese Fragen lassen sich jedoch nicht ohne weiteres beantworten und mögen deshalb im folgenden etwas eingehender besprochen werden.

Die Grenzspannung auf der Sekundärseite ist in den bisherigen Normalien im Sinne der Schwachstromvorschriften auf 50 V festgesetzt worden, so dass sich bei der Leistungsgrenze von 500 VA ein Nennstrom von 10 A und bei der Leistungsgrenze von 1000 VA ein solcher von 20 A ergibt. Wie nun die Versuche zeigten, lässt sich bei einem kurzschlußsicheren Kleintransformator der Kurzschlussstrom im Sekundärkreis noch mit einem annehmbaren Spannungsabfall bei Nennstrom begrenzen, wenn derselbe den 2,5-fachen Wert des Nennstromes nicht unterschreitet. Der Spannungsabfall beträgt dann bei Nennstrom im Sekundärkreis 15

bis 18 %, steigt bei abnehmendem Kurzschlussstrom unzulässig stark an und fällt mit zunehmendem Kurzschlußstrom sehr rasch auf kleine Werte herab, wobei jedoch der Transformator praktisch infolge des grossen Materialaufwandes unwirtschaftlich wird. Aus diesem Grunde ergibt sich für die Begrenzung des Kurzschlußstromes der 2,5- bis 3-fache Wert des sekundären Nennstromes.

Für die angegebenen Leistungsgrenzen beträgt somit der Kurzschlußstrom im Sekundärkreis mit dem 2,5-fachen Wert des Nennstromes

bei 500 VA Maximalleistung	25 A und
» 1000 VA	» 50 A.

Da die kurzschlußsicheren Kleintransformatoren primärseitig nur an eine Netzspannung von maximal 250 V angeschlossen werden sollen, so wird hierbei der primäre Kurzschlußstrom

bei 500 VA Maximalleistung	5 A und
» 1000 VA	» 10 A,

so dass eine 6-A-Sicherung bei Kurzschluss im Sekundärkreis nicht mehr ansprechen würde. Auch bei der Leistungsgrenze von 1000 VA würde eine 6-A-Sicherung erst nach geraumer Zeit durchschmelzen, so dass diese Leistung gerade noch die Grenze für die praktisch herstellbaren kurzschluss-sicheren Kleintransformatoren darstellen wird, so weit es sich um den Primärkreis handelt. Eine andere Frage stellen jedoch die hohen Kurzschlussströme im Sekundärkreis, da Ströme von 25 oder 50 A im Sinne der Schwachstromvorschriften unter Umständen bereits den Menschen und Sachen gefährlich werden können, wenn keine besonderen Vorsichtsmassnahmen getroffen werden. Bei einer maximalen Leistungsgrenze von 500 VA lässt sich ein sekundärer Kurzschlußstrom von 25 A noch verhältnismässig gut mit den Schwachstromvorschriften in Einklang bringen, da diese Ströme noch kleine Leitungsquerschnitte erfordern, ohne dass bei Kurzschluss eine Gefahr für Menschen und Sachen besteht.

Etwas schwieriger liegen dagegen die Verhältnisse bei der maximalen Leistungsgrenze von 1000 VA, da ein sekundärer Kurzschlußstrom von 50 A bereits den für den Nennstrom von 20 A bestimmten Leitungsquerschnitt zu gefährden beginnt. Der Einbau von Sicherungen würde aber die Verhältnisse nicht verbessern, sondern nur noch unsicherer machen und die Gefahr für Menschen und Sachen nicht beheben, so dass, wenn am Prinzip der Kurzschlußsicherheit bis zu dieser maximalen Leistungsgrenze festgehalten werden soll, ein Leitungsquerschnitt vorgeschrieben werden muss, welcher den Kurzschlußstrom ohne Gefährdung von Menschen und Sachen führen kann.

Es kann sich hierbei nur um das Prinzip der Kurzschlußsicherheit (Klasse a) oder aber um besondere Schutzmassnahmen im Sekundärkreise, wie Schmelzsicherungen (Klasse b) handeln, nicht aber um eine Vermengung beider, da ein solcher Zustand ganz unklare Verhältnisse mit sich bringen würde. Eine Erweiterung der Leistungsgrenze der

Klasse *a* würde daher die Angabe der sekundären Kurzschlußstromstärke auf dem Leistungsschild bedingen.

Der Verfasser kann nach vorstehendem ohne Bedenken eine Erweiterung der maximalen Leistungsgrenze bis zu 1000 VA befürworten; er tut dies besonders auch, weil grosse Anwendungsgebiete, wie Sicherungsanlagen bei Bahnen, aus der Kurzschlußsicherheit der Transformatoren (Klasse *a*) nur Nutzen ziehen würden und, da sich dieselben zum Teil erst im Anfangsstadium befinden, die Festsetzung einer zu niederen Leistungsgrenze von Nachteil wäre.

Für die Einteilung der Klassen spielt aber nicht allein die Kurzschlußsicherheit der Transformatoren eine Rolle, sondern auch die Höhe der Sekundärspannung und das spezielle Anwendungsgebiet. Z. B. können Spielzeugtransformatoren nicht ohne weiteres als reine kurzschlußsichere Apparate behandelt werden, sondern es kommt hier noch die Gefahr bei Berührung durch Unkenntnis in Frage, worauf stets mit Nachdruck hingewiesen werden muss.

In bezug auf die Leistungsgrenze bei Spielzeugtransformatoren hat sich gezeigt, dass heute die grösste benötigte Leistung bei etwa 100 VA liegt. Damit soll aber noch keineswegs gesagt werden, dass diese Transformatoren mit 100 VA Leistung begrenzt werden sollen, denn im heutigen technischen Zeitalter mit rasch aufeinander folgenden Neuerungen ist es gar nicht ausgeschlossen, dass Spielzeugapparate bald für höhere Leistungen benötigt werden, namentlich, wenn es gelingt, einen zuverlässigen und billigen Kleinmotor für Experimentierzwecke herzustellen.

Bei der sekundären Spannungsgrenze liegen die Verhältnisse noch schwieriger, da die Kurzschlussicherheit der Kleintransformatoren nicht allein im Sinne der Schwachstromvorschriften notwendig ist, sondern es heute bereits Anwendungsgebiete gibt, in welchen höhere Betriebsspannungen im Sinne der Starkstromvorschriften kurzschlußsichere Kleintransformatoren erfordern. Ein solches Gebiet ist z. B. der Aufzugsbau mit seinen Steuerapparaten, welche nicht mehr einwandfrei mittels Sicherungen

geschützt werden können und meist höhere Sekundärspannungen, zwischen etwa 100 bis 250 V, erfordern. Die weitaus meisten Störungen kommen in solchen Aufzügen im Steuerkreis der Steuertransformatoren vor, da die sehr empfindlichen Schaltapparate der Steuerorgane Kurzschlüsse verursachen und dadurch die Sicherungen zum Ansprechen bringen oder bei zu starker Absicherung den Transformator beschädigen und verbrennen. In der Regel schmelzen die Sicherungen durch, weniger häufig tritt ein Verbrennen des Transformators ein. Wie Besitzer von Aufzügen versichern, kommen Störungen durch Schmelzen der Sicherungen recht häufig vor; es werden Zahlen von zehn und mehr Sicherungen pro Aufzug und Tag genannt. Diese Erscheinung mag daher kommen, dass die meisten Laien die Türen und Steuerbetätigungen ohne Sorgfalt behandeln und hierbei Beschädigungen der Kontaktwerke verursachen, welche dann zu Kurzschlüssen führen. Aus diesem Grunde werden diese Steuertransformatoren wirtschaftlich am zweckmässigsten als kurzschlußsicher gebaut, da damit Sicherungen entbehrlich werden und die Betriebssicherheit des Aufzuges bedeutend erhöht wird.

Weitere Anwendungen, bei denen Sekundärspannungen von mehr als 50 V erwünscht oder nötig sind, sind Kleingleichrichter, Anruftransformatoren für Telephonbetrieb usw. Es scheint also nötig zu sein, kurzschlußsichere Transformatoren ohne Schmelzsicherungen, mit über 50 V Sekundärspannung durch die Normalien zu erfassen; diese Apparate wären im Sinne der Starkstromvorschriften zu behandeln.

Auf Grund dieser Ueberlegungen schlägt der Verfasser die in Tabelle II angegebene Klasseneinteilung für Kleintransformatoren vor. Eine derartige Klassen- und Gruppeneinteilung würde wahrscheinlich alle Gebiete erfassen und ergäbe eine saubere Trennung der verschiedenen Anwendungen. Es wäre noch die Frage zu prüfen, ob Transformatoren für feuchte Räume einer besonderen Gruppe zuzuweisen und getrennt zu behandeln sind. Der Verfasser steht jedoch auf dem Standpunkte, dass diese Gruppeneinteilung für alle vorkommenden Zwecke genügen dürften.

Vorschlag für die Klassifizierung von Kleintransformatoren.

Tabelle II.

Klasse <i>a</i> : kurzschlußsicher			Klasse <i>b</i> : nicht kurzschlußsicher	
Gruppe 1a	Gruppe 2a	Gruppe 3a	Gruppe 1b	Gruppe 2b
Leistungsgrenze = 1000 VA Spannungsgrenze sekundär = 50 V	Leistungsgrenze = 500 VA Spannungsgrenze sekundär = 50 V besondere Berührungssicherheit	Leistungsgrenze = 1000 VA Spannungsgrenze sekundär = 51 bis 250 V	Leistungsgrenze = 1000 VA Spannungsgrenze sekundär = 50 V	Leistungsgrenze = 1000 VA Spannungsgrenze sekundär = 51 bis 250 V
Anwendungsgebiet: Schwachstrom, Signalanlagen, Handlampen, Sicherungsanlagen.	Anwendungsgebiet: Spielzeuge, Radioapparate, Haushaltapparate.	Anwendungsgebiet: Steuerungen, Gleichrichter, Signalanlagen für grosse Strecken, etc.	Anwendungsgebiet: Spezielle Schwachstromanlagen, Handlampen, Gleichrichter, etc.	Anwendungsgebiet: Allgemeines, Starkstromanlagen.

B. Der Leerlaufstrom.

Wie die Untersuchungen an allen Modell-Transformatoren und auch an den endgültig ausgeführten Kleintransformatoren ergaben, entsprechen die in den bestehenden Normalien angegebenen prozentualen Leerlaufstromgrenzwerte in der Klasse *a* (33,3 %) und in der Klasse *b* (25 %) den praktischen Verhältnissen und sind leicht einhaltbar; jedoch ist aus rein theoretischen Gründen nicht recht einzusehen, weshalb bei der Klasse *a* ein grösserer prozentualer Leerlaufstrom zugelassen werden soll. Betrachten wir nämlich die Kurzschlussverhältnisse beim Transformator, so zeigt uns eine einfache Ueberlegung, dass der Kurzschlußstrom um so kleiner wird, je grösser die Impedanzen der Wicklungen sind. Diese Erscheinung bedingt daher eine Herabsetzung der Eisenbeanspruchung, um die Windungszahlen und damit die Wicklungsimpedanzen zu vergrössern, so dass damit gleichzeitig eine Herabsetzung des Leerlaufstromes eintreten wird. Da nun aber beim kurzschlußsicheren Kleintransformator die Kupferquerschnitte den Kurzschlußströmen durch die festgesetzte Wärmegrenze angepasst werden müssen, so sind wir gezwungen, um nicht zu grosse Dimensionen des Transformators zu erhalten, wiederum die Eisenbeanspruchung entsprechend hinaufzusetzen. Ohne besondere Hilfsmittel muss daher beim kurzschlußsicheren Kleintransformator der Leerlaufstrom gross werden. Durch das besondere Verfahren des Verfassers, einen Kleintransformator kurzschlußsicher zu bauen, wird nun die Leerlaufstromfrage insofern berührt, als eine Jochverstärkung des magnetischen Kreises den Leerlaufstrom bedeutend herabsetzt, was ohne dieses Verfahren nicht ohne grossen Materialaufwand möglich wäre.

Bei der Klasse *b*, nicht kurzschlußsichere Kleintransformatoren, fällt diese Erscheinung zum voraus weg; daher müsste der Leerlaufstrom eher grösser als in Klasse *a* angesetzt werden, um die Dimensionen des Apparates möglichst klein halten zu können. In den geltenden Normalien ist bei dieser Klasse *b* eigentümlicherweise die Leerlaufstromgrenze auf 25 % angesetzt (gegen 33,3 % bei Klasse *a*). Zwar lässt sich dieser Grenzwert des Leerlaufstromes auf Kosten einer teureren Wicklung noch sehr wohl einhalten, jedoch wäre es wünschenswert, diesen Grenzwert auf 30 % in den neuen Normalien anzusetzen, um damit den vorgeschriebenen Spannungsabfall in den Wicklungen durch eine etwas grössere Eisenbeanspruchung besser einhalten zu können.

C. Die Leerlaufleistung.

Der in den bestehenden Normalien festgesetzte Prozentsatz der Leerlaufleistung für Klasse *a* dürfte zu reichlich sein und von 10 % auf 8 % der Nennleistung herabgesetzt werden können, entsprechend den Versuchen an den Modell-Transformatoren und an fabrikationsreifen Typen. Bei den Modell-Transformatoren wurden nicht besonders gute Transformatorbleche verwendet, so dass bei gleichbleibender prozentualer Leerlaufleistung die

Blechqualität des Eisenkörpers verschlechtert werden könnte.

Für die Klasse *b* dürfte die prozentuale Leerlaufleistung mit 6 % der Nennleistung allen Verhältnissen Rechnung tragen, so dass dieser Wert ohne weiteres in die neuen Normalien übernommen werden kann. Es wäre auch denkbar, für beide Klassen, *a* und *b*, einen gemeinsamen Wert für die Leerlaufleistung festzusetzen.

D. Die Uebertemperatur.

In den geltenden Normalien für Kleintransformatoren fehlt für wichtige Drahtisolationen die Angabe der Grenztemperatur. Wird nämlich eine kurzschlußsichere Type für immer grössere Leistungen gebaut, so ergibt sich, dass eine reine Emailisolation der Wicklungsdrähte infolge Ausdehnung durch Erwärmung nach verhältnismässig kurzer Zeit defekt wird oder schon bei der Bewicklung sich durch Reibung zweier Drähte aneinander Schaden leidet. In solchen Fällen und namentlich bei stärkeren Drähten (etwa über 1 mm Durchmesser) muss der emailisierte Draht zum Schutz der Emailisolation mit einer Faserstoffumspinnung versehen werden. Hierbei ist für die Grenztemperatur die Emailisolation allein massgebend, da die Schutzumspinnung ganz verkohlen kann, ohne dass dadurch die Isolation leidet, weil mit der Umspinnung in diesem Fall nur eine gewisse Distanzierung der Lagen und Windungen gegeneinander erreicht werden soll. Allerdings muss als gewisse Sicherheit die Grenztemperatur etwas niedriger angesetzt werden als bei reiner Emailisolation. Bei grösseren Transformatoren kann es auch vorkommen, dass Flachkupfer oder Bandkupfer Verwendung findet, dessen Isolation aus Papier-, Glimmer- oder Asbestpräparaten bestehen kann, so dass auch die Grenztemperaturen dieser Isolierstoffe angegeben werden müssen.

Ausser den Grenztemperaturen der isolierten Wicklungen wird es in den neuen Normalien zweckmässig sein, auch für den aktiven Eisenkörper Grenztemperaturen anzugeben, da namentlich durch den besonderen Fall der kurzschlußsicheren Kleintransformatoren die Möglichkeit besteht, dass der aktive Eisenkörper eine grössere Erwärmung erzeugt als die Wicklungen und damit leicht die Papierisolation der Eisenbleche zerstört wird. Dieser besondere Fall hat sich an einem der ersten Modell-Transformatoren für 30 VA Leistung eingestellt; durch Widerstandsmessung wurde die Uebertemperatur der Wicklungen zu über 150° C bestimmt, während Thermometermessung im Kern eine solche von über 200° C ergab.

Aus diesen Erwägungen heraus schlägt der Verfasser für die Klassen *a* und *b* der neuen Normalien für Kleintransformatoren folgende Grenztemperaturen vor:

Klasse *a*:

- | | |
|--|--------|
| 1. Emailisolation, Glimmer- und Asbestpräparate | °C 120 |
| 2. Email-Seideisolation, getränkt oder imprägniert | 115 |

Fig. 14 zeigt einen ganz modernen kurzschluss-sicheren Kleintransformator, der für Sekundärleistungen von 5 bis 100 VA ausgeführt wird. Die beiden Klemmen der Primär- und Sekundärseite sind aus Isoliermaterial hergestellt und für Rohranschluss ausgebildet. Alle stromführenden Teile sind dabei vollständig gedeckt; die Primärklemmen

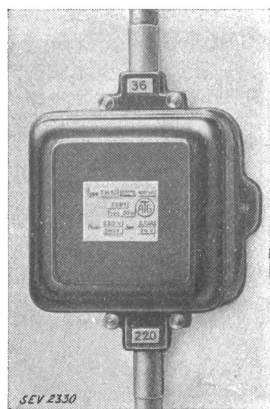


Fig. 15.

Kurzschlußsicherer Kleintransformator zur festen Montage für Leistungen von 100 bis 1000 VA für primär- und sekundärseitigen Rohranschluss.

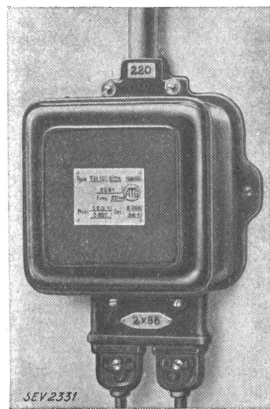


Fig. 16.

Kurzschlußsicherer Kleintransformator zur festen Montage mit sekundär Doppelsteckkontaktanschluss.

können plombiert werden, um unerwünschte Manipulationen auszuschliessen. Das Gehäuse ist von der Fabrik aus plombiert, einmal um unerwünschte Manipulationen an den Wicklungen unmöglich zu machen, andererseits garantiert die Fabrik nur für Apparate, welche ihr mit unverletzten Plomben eingeliefert werden. Alle nötigen Angaben für normale Apparate sind auf dem Leistungsschild eingeztzt, ausgenommen die Fabriknummer, welche fortlaufend entweder eingraviert oder eingeschlagen wird. Das Aluminiumgehäuse schliesst den aktiven Teil allseitig ab, so dass derselbe gegen Staub und Schmutz geschützt ist.

In Fig. 15 ist ein Kleintransformator abgebildet, der für Leistungen von 100 bis 1000 VA kurzschlußsicher zur festen Montage ausgeführt wird. Aufbau und Material entsprechen im übrigen dem

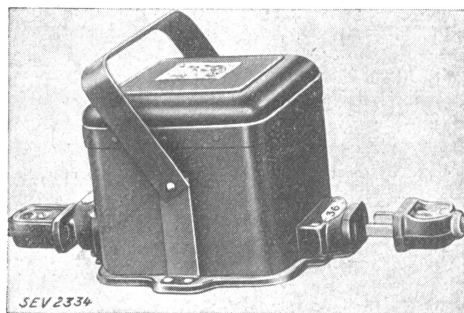


Fig. 17.

Tragbarer Handlampentransformator mit Tragbügel und beidseitigem Steckkontaktanschluss bis 500 VA.

in Fig. 14 gezeigten Apparat. Dieselben Kleintransformatoren für feste Montage werden speziell auch für Handlampen mit sekundärseitigem Einfach- oder Doppelsteckeranschluss ausgeführt (Fig. 16) wodurch mit demselben Transformator zwei getrennte Handlampen oder zwei andere verschiedene sekundäre Stromkreise gespeist wer-

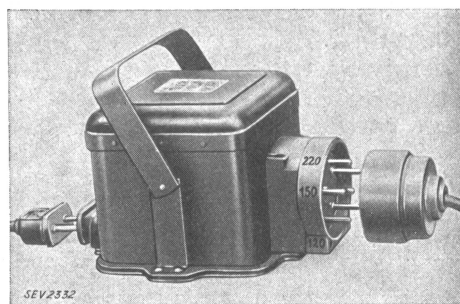


Fig. 18.

Tragbarer kurzschlußsicherer Kleintransformator mit primärseitigem Universalsteckkontaktanschluss für 5 verschiedene Netzspannungen.

den können. Um einer Verwechslung der sekundärseitigen Stecker mit einem normalen Stecker der Lichtleitung vorzubeugen, sind dieselben mit besonderen Flachstiften ausgerüstet. Werden Kleintransformatoren für transportable Zwecke, z. B. für Handlampen, verwendet, so wird auf der Oberspannungsseite ein Stecker mit Rundstiften montiert, während die Niederspannungsseite eine Dose für Stecker mit Flachstiften erhält (Fig. 17). Auf der Grundplatte ist ausserdem ein umklappbarer Tragbügel befestigt. Da bei tragbaren Apparaten das Gehäuse nicht geerdet ist, eignet sich diese Type nur für trockene Räume. Der Tragbügel ist besonders stark emailliert, damit ein spezieller Isoliergriff entbehrlich wird.

Für feuchte und nasse Räume, in welchen das Metallgehäuse für den Bedienenden ohne Erdung eine Gefahr darstellen würde, kann auf der Primärseite ein Steckkontakt mit Erdung angebracht werden. Das Oberspannungskabel wird dann mit einem Erdleiter versehen sein.

Da die Normalspannung von 380/220 V noch nicht allgemein eingeführt ist, kommt es vor, dass ein tragbarer Kleintransformator für verschiedene Netzspannungen gebaut sein muss, um die mit einer festen Spannung zu speisenden Apparate betätigen zu können. In diesem Fall wird für den Oberspannungsanschluss ein Steckkontakt für verschiedene Netzspannungen einge-

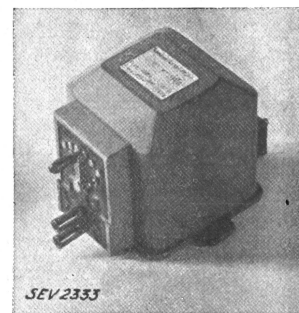


Fig. 19.

Kurzschlußsicherer Spielzeugtransformator mit sekundär Anzapfschalter und verschiedenen Steckkontaktbüchsen, primär Steckkontaktanschluss.

baut (Fig. 18). Dieser Steckkontakt wird in der Regel für fünf verschiedene Netzspannungen ausgeführt. Ein Mittelstift wird an den Anfang der Wicklung gelegt; die um den Mittelstift im Kreis angeordneten 5 Stiften sind an die einzelnen Anzapfungen angeschlossen. Durch Drehen der Dose und Einschieben bei der gewünschten Marke können der Reihe nach die vorhandenen Spannungen eingestellt werden. Dieser Steekkontakt stellt eine wertvolle Vervollständigung des kurzschlußsicheren Kleintransformators dar.

Schliesslich zeigt Fig. 19 einen Spielzeugtransformator, bei welchem der Sekundärkreis eine Anzahl kleine Steckerbüchsen besitzt, welche über

einen kleinen Regulierwiderstand oder über Anzapfungen am Transformator angeschlossen sind. An zwei Steckerbüchsen ist die volle Sekundärwicklung ohne Widerstand oder Anzapfschalter angeschlossen, um Apparate für konstante Spannung (z. B. Lampen, nicht regulierbare Motoren) zu betreiben. Die Oberspannungsseite ist wie bei den tragbaren Kleintransformatoren mit zweipoligem Steekkontakt ausgerüstet. Bei diesen Spielzeugtransformatoren ist auf einwandfreie Berührungssicherheit des Primärkreises besonderes Gewicht zu legen, damit diese Apparate ohne Bedenken Kindern in die Hand gegeben werden können.

Wirtschaftliche Mitteilungen. — Communications de nature économique.

Kohlenimport und elektrische Heizung.

621.364.3(494)

M. Hottinger nimmt in der Schweizerischen Technischen Zeitschrift vom 12. November 1931 Stellung zu einer Veröffentlichung über die schweizerische Brennstoffwirtschaft 1921/1930 in Nr. 7 der «Wirtschaftlichen und sozialstatistischen Mitteilungen», herausgegeben vom Eidgenössischen Volkswirtschaftsdepartement; wir möchten diese Stellungnahme auch unseren Lesern auszugsweise zur Kenntnis bringen und damit einmal mehr darauf hinweisen, dass es ausgeschlossen ist, die Brennstoffe, welche in der Schweiz für Raumheizung gebraucht werden, allgemein durch aus unseren Wasserkraften gewonnene elektrische Energie zu ersetzen.

In der erwähnten Veröffentlichung wird festgestellt, dass die Brennstoffeinfuhr unsere Handelsbilanz jährlich um rund eine Viertelmilliarde Franken belastet, dass deshalb der rationellen Gestaltung des Brennstoffverbrauches vom Gesichtspunkt unserer Zahlungsbilanz aus grosse Bedeutung zukommt und beigefügt: «Der Ablösung des Kohlenbedarfes durch die Nutzbarmachung der Wasserkraft für den Kraft- und Wärmeverbrauch kommt daher volkswirtschaftlich höchste Bedeutung zu.» Darauf Bezug nehmend, geht M. Hottinger auf die Frage ein, ob es möglich wäre, durch umfassende Elektrifizierung der Raumheizung, welche der Hauptverbraucher der importierten Brennstoffe ist, eine beträchtliche Verminderung des Kohlenimportes herbeizuführen. Diese oft gestellte Frage ist durchaus berechtigt, muss aber leider dahin beantwortet werden, dass die allgemeine Einführung elektrischer Heizung von unsern hydraulischen Kraftwerken aus schon deswegen ein Ding der Unmöglichkeit ist, weil es sich im strengen Winter um viel grössere Wärmemengen handelt, als sie unsere Wasserkraftwerke jemals zu liefern imstande sind. Es ist zu bedenken, dass gerade im Winter, wenn der Wärmebedarf am grössten ist, die Wasserkraft am kleinsten sind. Die bestehenden elektrischen Heizungen betreffen denn auch durchwegs Sonderfälle. So wird eine grosse Zahl von Kirchen elektrisch geheizt, weil es sich hierbei zur Hauptsache um Nacht- und Sonntagsstrom handelt, den die Elektrizitätswerke, in Ermangelung anderweitiger Absatzmöglichkeit, billig abgeben. Ferner sei erinnert an die grosse Zahl kleiner elektrischer Steckeröfen, Strahler usw., die im Herbst und Frühjahr gute Dienste leisten und auch hier und da in den Fremdenzimmern einfacher ländlicher Gasthöfe getroffen werden; dann an die elektrische Beheizung der Strassenbahn- und eines Grossteils der Eisenbahnwagen, an die vereinzelt vorkommenden Speicheröfen und Speicher-Warmwasserheizungen usw. Alles das zusammen macht aber im Vergleich zu den Gesamtaufwendungen für Raumheizung vorläufig verschwindend wenig aus.

Für ein normales Jahr kann mit einer Einfuhr von $3,6 \cdot 10^6$ t Kohle gerechnet werden, wobei das eingeführte Brennholz als Kohlenäquivalent (= 600 000 t Kohle) inbegriffen ist, dagegen weder Gas- noch Heizöl. An Hand sorgfältiger Uebersetzungen schätzt der Autor, dass für den jährlichen schweizerischen Kohlenbedarf (einschliesslich dem in

Kohle umgerechneten Brennholz) für Raumheizzwecke zwei Millionen Tonnen benötigt werden, was 500 kg pro Kopf ergibt, eine Zahl, mit der auch im Ausland gerechnet wird. Der Verbrauch der Schweizerischen Bundesbahnen wird hier nicht berücksichtigt.

«Wollte man nun diese gesamte für unser Land erforderliche Heizwärme auf elektrischem Wege decken, so wären bei Berücksichtigung der entsprechenden Wirkungsgrade hierfür rund 12 Milliarden kWh erforderlich, die sich, entsprechend den Erfahrungen mit den Kohlenheizungen, etwa folgendermassen auf die einzelnen Monate verteilen würden:

Monat	Zahl der Heiztage	Prozent. Wärmebedarf %	Stromverbrauch pro	
			Monat 10 ⁶ kWh	Tag 10 ⁶ kWh
September	7	2	240	34,3
Oktober	25	7	840	33,6
November	30	14	1 680	56,0
Dezember	31	19	2 280	73,5
Januar	31	23	2 760	89,0
Februar	28	18	2 160	77,0
März	28	12	1 440	51,5
April	15	4	480	32,0
Mai	5	1	120	24,0
Total	200	100	12 000	

Der ungünstigste Monat, der Januar, würde also rund 2,76 Milliarden kWh ab Werk erfordern, was einem durchschnittlichen Tagesbedarf von $89 \cdot 10^6$ kWh entspricht. Nun ist aber nicht ausser acht zu lassen, dass der Wärmebedarf sich ungleich auf die einzelnen Tage verteilt und an besonders kalten Tagen bis zur doppelten Höhe des mittleren Bedarfes ansteigen kann. An einem besonders kalten Januartag wäre somit im Maximum mit einem Konsum von rund $180 \cdot 10^6$ kWh ab Werk zu rechnen, wobei sich diese Menge nicht einmal gleichmässig auf die 24 Stunden verteilt, so dass sich der maximale stündliche Bedarf vielleicht etwa auf $10 \cdot 10^6$ kWh belaufen würde.

Im Vergleich hierzu ist zu beachten, dass die voll ausgebauten schweizerischen Kraftwerke eine maximale Sommerleistung von etwa $8 \cdot 10^6$ PS (von denen zur Zeit etwa 2,5 Millionen ausgebaut sind) aufweisen werden, während die maximale Winterleistung, infolge der geringeren verfügbaren Wassermenge, auf etwa $3 \cdot 10^6$ PS sinken wird, das sind rund $2,2 \cdot 10^6$ kW ab Werk. Selbst wenn also die gesamte elektrische Energie unserer dereinst voll ausgebauten hydraulischen Kraftwerke für Heizzwecke zur Verfügung gestellt würde, so könnten an einem kalten Januartag doch nur ca. 22 % der schweizerischen Bevölkerung ihren Heizwärmebedarf damit decken. Daraus geht hervor, dass die Schweiz immer auf eine grosse Brennstoffeinfuhr (von wie berechnet rund 2 Millionen Tonnen Kohle) aus dem Auslande