

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 36 (1945)
Heft: 17

Artikel: Ueber Präzisionsstromwandler mit vielen Messbereichen
Autor: Beusch, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060244>

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: 16.02.2026

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

die Sprechenden zum Einhängen veranlassen. — Gut, es ist sehr dringend! — Wir ersuchen die Damen, Schluss zu machen. Sie tun es, der Anschluss ist frei. — Salü Heiri, chunsch hüt z'abig zume Jass?! — A propos, auch die Männer schwatzen gelegentlich viel und nicht gescheiter!

Sie, Fräulein, wahrscheinlich ist der Abonnent gestört, man kann nicht mit ihm reden! —

Man kann Sie nicht erreichen, Sie haben den Hörer nicht richtig eingehängt! — Was denken Sie, das gibt es bei uns nicht, wir wissen schon, welches die richtige Gabel ist. — Nun, wir haben gehört, wie Sie soeben mit ihrem Mann ein ziemlich lautes «Ehegespräch» geführt haben. Wir mussten den Heuler betätigen und haben Ihnen 10 Rp. verrechnet.

Ein Zentralheizungskörper ist geplatzt; das Wasser ist durch die ganze Steigleitung mit 20 Drähten heruntergelaufen und hat auch noch den Kabelkasten durchnässt.

Der Sturm ist vorüber, der Motor in der Zentrale Soundso läuft wieder. — Wir bedauern sehr, dass Sie deswegen so grosse Unannehmlichkeiten gehabt haben!

Die Teilnehmer in Dingsda erhalten zeitweise keine Verbindung; statt dessen hören sie alle möglichen fremden Gespräche. An der Besetzttonspule war ein Draht abgebrochen.

Daundda hat ein Bagger den Zoreskanal mit samt dem 200er Kabel aus der Erde gerissen.

Eine sonore männliche Stimme: Fräulein losed si, ich bi da i somene Hüsi, und bi grad vorig entwunde worde! — Aha, Sie meinen Kabine, unterbrochen, wie lange haben Sie denn bereits gesprochen? ...

Betriebssichere Apparate und Installationen, leistungsfähige Aemter, ein tadelloses Kabel- und Leitungsnetz, ein allseits genügender Unterhalt gewährleisten einen störungsfreien Betrieb.

Ein störungsfreier Betrieb ist auf die Dauer der billigste Betrieb, ein reibungsloser Betrieb steigert den Verkehr, er ist die beste Reklame!

Der Störungsdienst muss sich nach der Decke strecken! Obwohl er meist nur in mehr oder weniger hohen Tönen klagen hört, unzufriedene, mürrische Gesichter sieht, nie Komplimente erntet, geht er doch still und unverdrossen seinen nicht immer freudvollen Weg. Er schöpft stets neue Kraft aus der gewaltigen Vielseitigkeit seiner Arbeit. Sie entfaltet sich im Vorbeugen, Raten, Beruhigen, Helfen, im wahrsten Sinne des Wortes, Tag und Nacht, jahraus, jahrein, in hunderttausenden von Fällen,
im Störungs-DIENST!

Adresse des Autors:

H. Braun, Chef des Störungsdienstes der Telephondirektion Zürich, Zürich.

Ueber Präzisionsstromwandler mit vielen Messbereichen

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 7. Oktober 1944 in Luzern,
von W. Beusch, Zug

621.314.224.08

Nach einem Hinweis auf die für Transformatoren im allgemeinen geltenden Beziehungen zwischen Spannungen, Strömen und Windungszahlen werden Verluststrom, Stromfehler und Fehlwinkel von Stromwandlern behandelt. Der Autor gibt dann einen Ueberblick über verschiedene, von Landis & Gyr gebaute Präzisionsstromwandler mit vielen Messbereichen.

Après avoir rappelé les relations générales qui existent entre les tensions, les courants et les nombres de spires des transformateurs, l'auteur s'occupe du courant de perte, de l'erreur due au courant et de l'angle d'erreur des transformateurs d'intensité. Il passe ensuite en revue différents types de transformateurs d'intensité de précision pour de nombreuses étendues de mesure, construits par la S. A. Landis & Gyr.

Prüf- und Eichstationen für Zähler und andere Apparate, die für viele verschiedene Nennstromstärken gebaut werden, müssen so eingerichtet sein, dass der Prüf- oder Eichstrom in sehr weiten Grenzen erzeugt, reguliert und gemessen werden kann. So werden z. B. Zähler für verschiedene Nennstromstärken zwischen 1 und 100 A gebaut, wobei die Zähler für 1 A Nennstromstärke zumeist nur als Messwandlerzähler Verwendung finden. Da gerade die Messwandlerzähler für einen empfindlichen Anlauf von etwa 0,2 % der Nennleistung eingestellt werden müssen, so ist der Strommessbereich der Prüf- oder Eichstation für 0,02 A bis 100 A, also im Verhältnis 1:5000 vorzusehen. Dabei soll praktisch jede Stromstärke zwischen diesen Grenzen ohne grossen Aufwand eingestellt und gemessen werden können.

In früheren Zeiten, als der Stromwandler noch kein Präzisionsinstrument war, behalf man sich dadurch, dass verschiedene Amperemeter mit verschiedenen Nennstromstärken in die Prüfstationen eingebaut wurden, die dann je nach der Grösse der

Stromstärke ein- und ausgeschaltet werden konnten. Zur Messung der Leistungen wurden verschiedene Wattmetersätze vorgesehen, die jeweils umgeschaltet oder ausgewechselt werden mussten. Als es später gelang, die Stromwandler mit recht kleinen Fehlern zu bauen, ging man daran, diese Stromwandler für mehrere Messbereiche zu entwickeln. Umschaltbare Stromwandler mit zwei Messbereichen werden auch in den Verteilungsnetzen oft und mit Recht eingebaut. Bei zunehmender Erhöhung der Leistungsabgabe im Laufe der Jahre kann der Bereich der Messeinrichtung durch Umschaltung des Stromwandlers auf die höhere Primärnennstromstärke verdoppelt werden. Bei diesen umschaltbaren Stromwandlern wird die Primärwicklung in zwei Teilen gewickelt. Diese Teilwicklungen können in Serie oder parallel geschaltet werden. Ein solcher Stromwandler hat für beide Messbereiche genau die gleichen Eigenschaften.

Es sind in Netzen auch Stromwandler mit drei Messbereichen verwendet worden. Der Aufbau dieser Stromwandler und auch jener mit noch mehr

Messbereichen geschieht im allgemeinen aber so, dass die Primärwicklung mit Anzapfungen versehen ist. Die magnetischen und elektrischen Eigenschaften sind bei dieser Anordnung nicht mehr für alle Messbereiche genau die nämlichen.

Ferner sind Stromwandler mit mehreren Messbereichen so gebaut worden, dass für höhere Nennstromstärken die Primärwicklung erst bei der Messung durch Durchschlaufen des Primärleiters gebildet werden muss. Im Nachstehenden sollen nur Präzisionsstromwandler mit vielen Messbereichen behandelt werden, deren Primärwicklungen eindeutig festgelegt sind und bei denen der Messbereich ohne weiteres durch Schalter gewählt werden kann. Bevor wir aber auf diese Spezialmesswandler eintreten, sei mit kurzen Worten auf die Theorie der Stromwandler eingegangen. Der allgemeine ideale Transformator wird durch folgende drei Beziehungen gekennzeichnet:

Die erste Beziehung lautet:

Die Primärspannung verhält sich zu der Sekundärspannung wie die Primärwindungszahl zu der Sekundärwindungszahl.

Dieses Grundgesetz des Transformators ergibt sich aus dem Induktionsgesetz:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (1)$$

Das zweite Grundgesetz sagt aus, dass die primär in den Transformator hineingegebene Leistung auch auf der Sekundärseite erscheint. Das Produkt aus Spannung und Strom bleibt das gleiche, nur die Faktoren können durch die Transformation auf die mannigfaltigste Weise variiert werden. Diese Beziehung folgt zwangsläufig aus dem Prinzip über die Erhaltung der Energie und schreibt sich ohne Berücksichtigung des Leistungsfaktors:

$$E_1 \cdot I_1 = E_2 \cdot I_2 \quad (2)$$

Aus diesen beiden Beziehungen ergibt sich das dritte Grundgesetz des Transformators, das aussagt, dass die Amperewindungen der Primärwicklung gleich denen der Sekundärwicklung sein müssen oder in einer Gleichung ausgedrückt:

$$I_1 \cdot N_1 = I_2 \cdot N_2 \quad (3)$$

Diese Beziehungen kennzeichnen den idealen Transformator. Nun wissen wir, dass das Ideal nie ganz erreichbar ist, und dass daher diese Gleichungen für den praktischen Transformator auch nur in erster Annäherung gelten.

Strom- und Spannungswandler sind spezielle Transformatoren. Für den Spannungswandler ist die erste Beziehung die wichtigste und für den Stromwandler die dritte Gleichung. In einem vollkommenen Stromwandler müsste man also nur die Windungszahlen im umgekehrten Verhältnis der primären zur sekundären Nennstromstärke wählen, um einen fehlerfreien Stromwandler zu erhalten. Auf diese Weise kommt man aber nicht ganz zum Ziel. Jeder elektrische Apparat hat ein Wunder oder ein Geheimnis, und das Geheimnis des Stromwandlers

ist sein Magnetisierungsstrom. Was bedeutet dieser Magnetisierungsstrom?

Wird an den Sekundärklemmen eines Stromwandlers die Stromspule eines Instrumentes oder Apparates angeschlossen, so haben wir einen Stromkreis, der sich aus dem Widerstand der Sekundärwicklung und dem Widerstand der Bürde zusammensetzt. Fliesst jetzt ein Primärstrom, so bildet sich ein magnetischer Fluss, der in den Wicklungen eine EMK erzeugt. Im Sekundärstromkreis erscheint ein Strom. Seine magnetische Wirkung ist derjenigen des Primärstromes entgegengesetzt. Es bildet sich ein Gleichgewicht aus. Damit dieses entsteht, muss der Primärstrom einen Teilstrom für die magnetische Durchflutung des Eisenkernes des Stromwandlers hergeben. Dieser wird um so grösser sein, je grösser die elektromotorische Kraft in der Sekundärwicklung sein muss. Der Leerlaufstrom I_0 geht für die Umwandlung, für die Transformation verloren, und es wird daher nur noch die übriggebliebene Komponente des Primärstromes nach dem Grundgesetz über die Gleichheit der primären und sekundären Amperewindungszahlen auf die Sekundärseite übertragen. Das Zeigerdiagramm Fig. 1 veranschaulicht

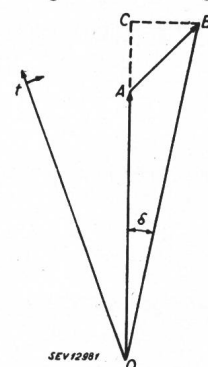


Fig. 1.

Stromdiagramm eines Stromwandlers

$$OA = I_2' = I_2 \frac{N_2}{N_1}$$

$AB = I_0$ Leerlaufstrom.

$OB = I_1$ Primärstrom.

AC Komponente des Stromfehlers.

CB Komponente des Fehlwinkels.

δ Fehlwinkel.

t Zeitgerade.

diese Verhältnisse klar; dabei ist vorausgesetzt, dass das Uebersetzungsverhältnis des Stromwandlers 1 : 1 z. B. 5/5 A ist, oder dass die Sekundärstromstärke auf die Primärseite des Transformators umgerechnet wurde. Der Störefried des Stromwandlers ist somit der Leerlaufstrom I_0 . Seine Grösse ergibt sich aus dem reinen Magnetisierungsstrom I_μ zur Erzeugung des magnetischen Flusses und dem Verluststrom I_v zur Deckung der unvermeidlichen Eisenverluste. Leider gestattet es der Raum nicht, näher auf die Ableitung des reinen Magnetisierungsstromes einzugehen. Man erhält aber für diese Grösse aus dem Induktionsgesetz für die EMK auf den Primärkreis bezogen folgende Beziehung:

$$I_\mu = \frac{10}{8 \pi^2} \cdot \frac{E_1 \cdot 10^8}{f \cdot N_1^2} \cdot \sum \frac{l}{\mu A} \quad (4)$$

E_1 EMK

f Frequenz

N_1 primäre Windungszahl

$\sum \frac{l}{\mu A}$ magnetischer Widerstand

μ Permeabilität

A Fläche

Der Verluststrom I_v , der die durch die Ummagnetisierung des Eisenkernes verursachte Wärme zu decken hat, kann durch folgende Beziehung dargestellt werden:

$$I_v = \frac{P_v}{E_1} = \frac{k_1 \cdot B^2}{E_1} = \frac{k_2 \cdot E_1^2}{E_1} = k_2 E_1 \quad (5)$$

P_v Verluste, gemessen in W.

Der Verluststrom I_v steigt, wie die Beziehung zeigt, proportional mit der zu induzierenden elektromotorischen Kraft an. Der reine Magnetisierungsstrom I_μ und der Verluststrom I_v , die im Zeigerdiagramm senkrecht aufeinander stehen, setzen sich zum Leerlaufstrom I_0 zusammen, dem Strom, den wir in der Fig. 1 als den Störfried des Stromwandlers bezeichnet haben. Er ist die Ursache des Fehlwinkels und des Stromfehlers dieser beiden wichtigen Grössen des Stromwandlers.

Der Fehlwinkel ist für Instrumente, die nur die Stromstärke anzeigen müssen oder nur von der Stromstärke abhängig sind, belanglos. In Instrumenten, bei denen aber das Produkt aus Strom und Spannung wirken muss, z. B. in Leistungsmessern, spielt der Fehlwinkel eine sehr grosse Rolle. Bei Messungen, bei denen der Leistungsfaktor verschiedene Werte annehmen kann, bringt der Fehlwinkel Fehler in die Messungen hinein. Diese können für kleine Leistungsfaktoren recht grosse Werte annehmen. Ein Fehlwinkel von 20 min z. B. verursacht bei einem Netzleistungsfaktor von 0,5 bei einer Leistungsmessung bereits einen Fehler von ca. 1%.

Der Stromfehler kann durch eine Korrektur der sekundären Windungszahl in einem gewissen Masse kompensiert werden. Hingegen ist es nicht möglich, mit dieser Massnahme den Fehlwinkel zu beeinflussen.

Es ist nun Aufgabe des Konstrukteurs, darnach zu trachten, den Leerlaufstrom des Stromwandlers so klein als möglich zu halten. Das trifft besonders für Präzisionsstromwandler mit vielen Messbereichen zu. Sicher wird man die sekundäre Windungszahl so wählen, dass der Stromfehler möglichst klein ausfällt. Da eine Korrektur durch eine einzige Sekundärwindung z. B. für einen Stromwandler mit einer Nennamperewindungszahl von 600 und bei einer sekundären Nennstromstärke von 5 A bereits 0,83 % ausmacht, so wird man zu Teilwicklungen greifen müssen. Man wird bei Präzisionswandlern den Leerlaufstrom dadurch klein halten, dass man den magnetischen Kreis möglichst vollkommen schliesst. Man wird ferner Material wählen, dessen Permeabilitätskonstante gross und möglichst konstant ist. Alle Grössen, die auf den Leerlauf- oder Magnetisierungsstrom einen Einfluss haben, sind besonders sorgfältig zu wählen. Es muss allseitig darnach getrachtet werden, den Magnetisierungsstrom auf das kleinste Mass herabzusetzen. Es geht leider auch hier, wie überall, nicht ohne Kompromisse. Es mangelt der Raum, um auf alle diese Faktoren im einzelnen einzugehen. Es kann nur mitgeteilt werden, dass es heute gelingt, Präzisions-

stromwandler mit vielen Messbereichen zu bauen, bei denen die Stromfehler für sämtliche Bereiche und für die jeweiligen relativen Stromstärken unter 1‰ liegen, und dass auch der Fehlwinkel nur Werte von einigen Minuten annimmt. Es sind dies erstaunliche Ergebnisse.

Nun sollen einige Ausführungen von Präzisionsstromwandlern mit mehreren Messbereichen, die von der Firma Landis & Gyr A.-G. entwickelt wurden, besprochen werden.



Fig. 2.

Präzisionsstromwandler
mit 4 Messbereichen

12,5/5, 25/5, 50/5 und 100/5 A

Fig. 2 zeigt einen Stromwandler, der seinerzeit aus einem normalen Stromwandlertyp entwickelt wurde. Er weist vier Messbereiche 12,5/5, 25/5, 50/5 und 100/5 A auf. Zudem ist es noch möglich, das sekundär angeschlossene Instrument von 5 A Nennstromstärke direkt in den Primärstromkreis einzuschalten. Durch diesen Kunstgriff wurde ein weiterer Messbereich geschaffen. Die seinerzeit vom Amt für Mass und Gewicht zugelassenen Fehler für diese Stromwandler in Verbindung mit Eichstationen waren für den Stromfehler $\pm 0,2\%$ und für den Fehlwinkel ± 10 min.

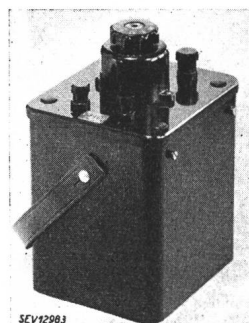


Fig. 3.

Präzisionsstromwandler
mit 8 Messbereichen

von 0,5/5 bis 100/5 A

Das Verlangen nach mehr Messbereichen führte später zu der Entwicklung eines besonderen Präzisionsstromwandlers mit den 8 Messbereichen 0,5/5, 1/5, 2/5, 5/5, 10/5, 20/5, 50/5 und 100/5 A. Fig. 3 zeigt einen solchen Stromwandler für Laboratoriums-Gebrauch. Auf dem Gehäuse ist ein Umschalter für die verschiedenen Messbereiche angebracht. Für Eich- und Prüfstationen ist der Umschalter getrennt angeordnet, und die Anschlüsse der verschiedenen Messbereiche sind zu den entsprechenden Klemmen geführt. Bei diesen Wandlern müssen bis auf den kleinsten Messbereich, dank der Umschaltung, jeweils nur etwa 50...100 % des Messbereiches ausgenutzt werden. Die Messinstrumente können daher immer mit verhältnismässig grossem Ausschlag

abgelesen werden, was die Genauigkeit der Messung im allgemeinen wesentlich erhöhen wird.

Die Ansprüche und Bedürfnisse wuchsen. Es wurden namentlich nach unten noch mehr Messbereiche gefordert. Zuerst behalf man sich dadurch, dass pro Pol zwei Präzisionsstromwandler angeordnet wurden. Schliesslich gelang es aber, in einem

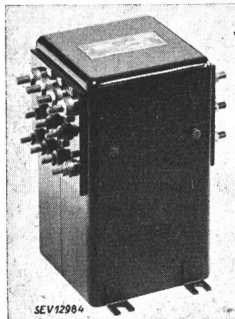


Fig. 4.
Präzisionsstromwandler
mit 22 Messbereichen
für Eichstationen
von 0,1/5 bis 100/5 A

Wandler 22 Messbereiche, nämlich 0,1/5, 0,15/5, 0,2/5, 0,25/5, 0,3/5, 0,5/5, 0,75/5, 1/5, 1,5/5, 2/5, 2,5/5, 3/5, 5/5, 7,5/5, 10/5, 15/5, 20/5, 25/5, 30/5, 50/5, 75/5, 100/5 A unterzubringen. Diese Ausführung für Eich- und Prüfstationen wird in Fig. 4 gezeigt, und die Fig. 5 stellt das Anschlussschema des Wandlers dar. Die verschiedenen Messbereiche werden durch einen Spezialschalter mit den entsprechenden Anzapfungen eines Stromtransforma-

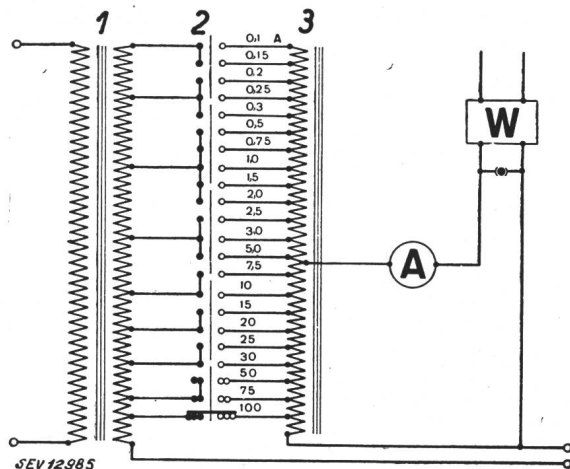


Fig. 5.
Anschlussschema zum Präzisionsstromwandler mit 22 Messbereichen nach Fig. 4
1 Stromtransformator, 2 Umschalter, 3 Stromwandler.

tors verbunden. Hiedurch findet bereits eine grobe Einstellung der Stromstärke statt. Die weitere Einstellung erfolgt durch die Aenderung der Spannung an den Primärklemmen des Stromtransformators. Wie aus dem Schaltbild ersichtlich ist, wird der Wandler für Eichstationen zumeist in Sparschaltung ausgeführt. Sekundärwicklung und Primärwicklung werden miteinander vereinigt.

Für Laboratoriumsmessungen werden aber normalerweise die Primär- und Sekundärwicklung getrennt und von einander isoliert ausgeführt. Die Prüfspannung beträgt 2000 V. Einen solchen Wandler mit zusammengebautem Schalter zeigt Fig. 6.

Dieser Wandler ist auch vom Amt für Mass und Gewicht durchgemessen worden. Bei einer sekundären Belastung von 5 VA mit einem $\cos \beta = 1$

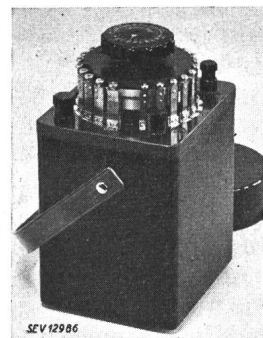


Fig. 6.
Präzisionsstromwandler
mit 22 Messbereichen für
Laboratoriumsmessungen

und bei 50 Hz war der mittlere Stromfehler für die verschiedenen Messbereiche bei 100 % Belastung $+0,03\%$ und der mittlere Winkelfehler etwa $-0,5$ min. Der grösste gemessene Fehler war $0,09\%$ und -1 min.

Aber auch bei 10 % Belastung der verschiedenen Strombereiche war der Mittelwert der Stromfehler nur $+0,035\%$ und der mittlere Fehlwinkel -3 min, der maximale Stromfehler war $0,1\%$ und der maximale Fehlwinkel 4 min.

Es hat sich bei diesen Messungen gezeigt, dass die vorhandenen Prüfeinrichtungen für Wandler bereits nicht mehr ganz genügen, um die kleinen Fehlerwerte dieser Präzisionsstromwandler mit genügender Sicherheit zu bestimmen. Es stellt sich daher die Forderung, die Genauigkeit der Prüfeinrichtungen um eine Grössenordnung zu erhöhen.

Adresse des Autors:

Dir. W. Beusch, Ing., Guggiweg 7, Zug.

La compensation au moyen de condensateurs des machines à souder par point et par cordon

Conférence donnée à l'assemblée de discussion de l'ASE du 24 mai 1945, à Zurich,
par G. Martin, Bâle

621.3.077.8 : 621.791.73

Des oscillogrammes, relevés sur une machine à souder par résistance, montrent que le branchement d'un condensateur en parallèle diminue fortement le courant dans le réseau, mais ne supprime pas la surintensité d'enclenchement inhérente à l'interrupteur asynchrone. En plus, de fortes oscillations apparaissent, aussi bien avec un interrupteur synchrone qu'avec un interrupteur asynchrone. Ces perturbations disparaissent, si le condensateur de compensation est branché en série avec le transformateur de la machine à souder par résistance.

Mit Hilfe von Oszillogrammen wird gezeigt, dass der Anschluss eines Kondensators parallel zu einer Widerstandsschweissmaschine den aus dem Netz aufgenommenen Strom reduziert. Die beim Asynchronunterbrecher im Einschaltmoment auftretenden Stromspitzen werden nicht beseitigt. Ferner erscheinen Oberschwingungen, sowohl beim Synchron- wie beim Asynchron-Unterbrecher. Diese Störungen werden vermieden, wenn der Kondensator zur Verbesserung des $\cos \varphi$ mit dem Transformator der Nahtschweissmaschine in Serie geschaltet wird.