

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 26 (1935)  
**Heft:** 24

**Artikel:** Der Anschluss von Lichtbogen-Schweissmaschinen  
**Autor:** Werdenberg, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060348>

#### **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>**

in wesentlich kürzerer Zeit (ca.  $\frac{1}{2}$  Stunde) erfolgen kann.

Als Vorteile der geprüften Pilumherde gegenüber den üblichen Herden mit direkt beheizten Kochplatten können hervorgehoben werden:

1. Kürzere Kochzeiten für Siedeprozesse.
2. Kleiner Anschlusswert (1000 W).
3. Wärmereserve bei Unterbruch der Energiezufuhr.
4. Der eingebaute Heisswasserspeicher, der einen besonderen Heisswasserspeicher entbehrlich macht.

5. Einfache und stufenlose Regulierung der einzelnen Kochstellen.
6. Regulierung der Backofentemperatur durch Temperaturregler.
7. Verwendungsmöglichkeit des Backofens als Wärmeschrank, ohne direkte Beheizung.

Die Handhabung des Isolierdeckels der Kochplatten könnte erleichtert werden, ferner würde an Stelle der Glimmlampe, die bei der Beheizung der Wärmespeicher leuchtet, ein Temperaturindikator, der den Ladezustand der Speichergefäße erkennen lässt, in der Praxis gute Dienste leisten.

## Der Anschluss von Lichtbogen-Schweissmaschinen.

Von W. Werdenberg, Kilchberg.

621.311.152: 621.791.735

*Der vorliegende Aufsatz führt zu folgenden Schlussfolgerungen:*

1. *Lichtbogenschweisstransformatoren und Schweissumformer dürfen nicht uneingeschränkt an Lichtnetze oder Licht-Kraftnetze (sogenannte Einheitsnetze) angeschlossen werden. Die Schweissumformer liegen gegenüber den Schweissstransformatoren günstiger; sie können in ungefähr der doppelt so grossen Entfernung von der Ortstransformatorenstation als die Schweissstransformatoren angeschlossen werden.*

2. *Die Mehrbelastung der Energieübertragungs-Einrichtungen der Werke durch Einphasen-Schweissstransformatoren ist nur gering; mit Rücksicht auf die Gewinnung von neuen Energieabnehmern sollten daher auch die Schweissstransformatoren zu den normalen Energiepreisen beliefert werden, und es sollten keine oder dann nur kleine Zuschläge verlangt werden.*

3. *Der Anschlusswert von Schweissmaschinen wird mit Vorteil als Teil der maximal aufgenommenen Scheinleistung definiert. Bei den heute gebräuchlichen Schweissmaschinen beträgt der Anschlusswert ca. 50 bis 60 % der maximalen, d. h. beim grösstmöglichen Schweißstrom aufgenommenen Scheinleistung.*

### 1. Einleitung.

Die Lichtbogenschweissung macht in den letzten Jahren ausserordentlich grosse Fortschritte, und die geschweisste Konstruktion verdrängt auch in kleineren Betrieben die genieteten Arbeiten immer stärker.

In den meisten Fällen bedeutet der Anschluss einer Lichtbogenschweissmaschine für diese kleinen Werkstätten eine wesentliche Vergrösserung des bisherigen Leistungsbezuges beim Elektrizitätswerk; ein bis zwei kleinere Motoren, gewöhnlich an das allgemeine Lichtnetz angeschlossen, waren bisher die einzigen grössten Verbraucher. Da ein spezielles Kraftnetz gerade in Gegenden mit kleineren Betrieben gewöhnlich nicht zur Verfügung steht, wird der Betriebsleiter des Elektrizitätswerkes vor dem Anschluss einer Lichtbogenschweissmaschine untersuchen müssen, ob ein solcher Anschluss an das Lichtnetz oder an das gemeinsame Licht-Kraftnetz ohne besondere Massnahmen noch zulässig ist. Die Zulässigkeit hängt ab von den maximal erträglichen, durch die Schweissmaschine hervorgerufenen Spannungsabfällen und Spannungsschwankungen.

Der grösste Teil der Bezüger verwendet zum Schweissen einen Schweisstransformator, der das

*Les conclusions de cet article sont les suivantes:*

1<sup>o</sup> *Les transformateurs de soudure et les groupes convertisseurs ne peuvent pas être branchés à volonté sur les réseaux d'éclairage ou les réseaux mixtes (éclairage-force). A ce point de vue, les groupes convertisseurs sont plus favorables; leur éloignement par rapport à la sous-station de transformateurs peut atteindre le double de la distance admissible pour les transformateurs de soudure.*

2<sup>o</sup> *Le surcroit de charge occasionné aux installations de distribution d'énergie des centrales par les transformateurs de soudure monophasés n'est pas considérable; afin de permettre le branchement de nouveaux abonnés, l'énergie devrait également être fournie à ces transformateurs au tarif normal, sans supplément ou du moins avec un petit supplément seulement.*

3<sup>o</sup> *On aurait avantage de définir la puissance installée des machines à souder comme étant une partie de la puissance apparente maximum absorbée. Pour les machines à souder modernes, la puissance installée atteint 50 à 60 % environ de la plus forte puissance apparente absorbée, c'est-à-dire quand le courant de soudure est maximum.*

Dreiphasennetz immer unsymmetrisch belastet und damit das Netz mehr beansprucht als ein symmetrischer Dreiphasenanschluss gleicher Leistung. Es ist daher zu untersuchen, ob und wie diese Mehrbeanspruchung durch Tarifmassnahmen erfasst werden könnte.

Vielerorts wird kleinern Energiebezügern ein Energiepreis verrechnet, der vom Anschlusswert des Verbrauchers abhängig gemacht wird. Es ist daher wichtig, dass man den Anschlusswert bei allen Fabrikaten nach den gleichen Grundsätzen bestimmt. Nachstehend wird daher versucht, eine allgemein gültige Regelung für die Angabe des Anschlusswertes zu finden.

### 2. Maximal zulässige Spannungsabfälle und Spannungsschwankungen.

Die anzuschliessende Schweissmaschine darf zusammen mit allen übrigen, an der gleichen Leitung angeschlossenen Verbrauchern keinen grössten als den für die andern Verbraucher zulässigen Spannungsabfall erzeugen. In einem allgemeinen Niederspannungsverteilnetz sind in der Regel die Glühlampen die empfindlichsten Verbraucher. Fig. 1 zeigt den Zusammenhang zwischen Spannung und Lichtstärke bei heute gebräuchlichen Metalldraht-

lampen. Die Kurve wurde an Wendeldrahtlampen und Doppelwendeldrahtlampen von 40 bis 150 W Leistung, bzw. von 40 bis 150 Dlm aufgenommen. Zwischen den einzelnen Lampentypen auftretende Abweichungen der Lichtstärke-Aenderungen waren nicht feststellbar. Die aufgezeichnete Kurve gilt also für alle bei der vorliegenden Untersuchung in Betracht fallenden Lampentypen. Nach Fig. 1 entspricht ein Spannungsabfall von 5 % bereits einer Verminderung der Lichtstärke von ca. 15 %. In

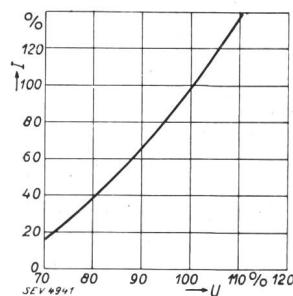


Fig. 1.  
Aenderung der Lichtstärke ( $I$ ) von Metalldrahtlampen mit der Spannung ( $U$ ).

Verteilanlagen, wo durch die Wahl der Transformatoren-Uebersetzungsverhältnisse der Spannungsabfall in den Hochspannungsleitungen mehr oder weniger ausgeglichen wird, sollte daher der Spannungsabfall im Niederspannungsnetz während der Beleuchtungszeit auf keinen Fall mehr als etwa 5 % betragen. Durch Kompensation der Schweissmaschinen (Einbau von Kondensatoren) ist es aber ohne weiteres möglich, die Spannungsabfälle innerhalb dieser Grenze zu halten.

Die durch die Schweißung hervorgerufenen, rasch aufeinanderfolgenden Schwankungen des Spannungsabfalls dürfen aber ausserdem nur

Arten von Lichtschwankungen an einer grössern Zahl von Versuchspersonen durchgeführt<sup>1)</sup>.

Da nach diesen Versuchen ausser der Raschheit und Grösse der Spannungsschwankung auch die Art der Aenderung (plötzliche oder allmähliche Aenderung) von Bedeutung ist, wurde zuerst die Art der von Schweißtransformatoren und Schweissumformern erzeugten Spannungsschwankungen untersucht, indem die Aenderung der aufgenommenen Ströme von Schweissmaschinen beim Uebergang

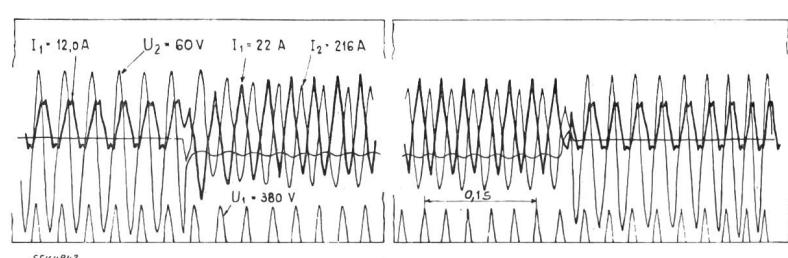


Fig. 2.  
Stromänderung eines Schweißtransformatoren bei konstanter primärer Klemmenspannung.

vom Leerlauf auf maximale Last festgestellt wurde. Die Fig. 2 bis 5 stellen einige der aufgenommenen Oszillogramme dar.

Fig. 2 zeigt die Stromänderung eines Transformatoren bei konstanter primärer Klemmenspannung, wenn der Transformator kurzgeschlossen wird. Fig. 3 zeigt die Stromänderung eines Schweissumformers bei konstanter Klemmenspannung am Motor, wenn von Leerlauf auf diejenige Belastung gegangen wird, die die grösste Aenderung des Motorstromes hervorruft, was in der Regel beim Kurzschliessen des Sekundärkreises eintritt. Fig. 4 zeigt die Stromänderung beim gleichen Versuch, aber mit

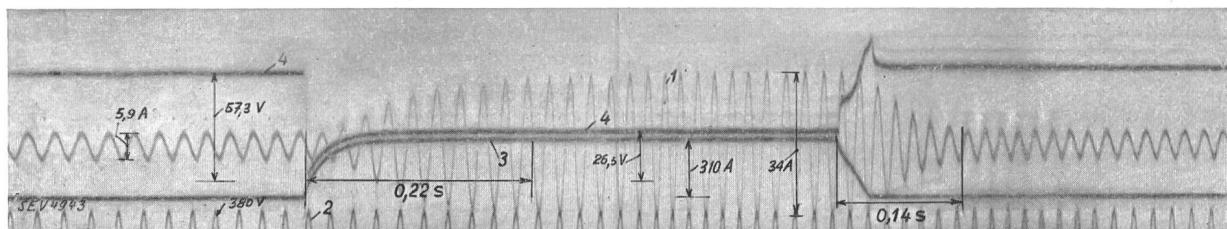


Fig. 3.  
Stromänderung eines Schweissumformers bei konstanter Klemmenspannung am Motor bei Aenderung der Belastung (Ohmschen Widerstand) von Leerlauf auf Kurzschluss.  
Brown Boveri-Umformer, 7 kW: 1 Motor-Strom. 2 Motor-Spannung. 3 Generator-Strom. 4 Generatorspannung.

so gross sein, dass sie den Betrieb der andern Anschlussobjekte, von denen in der Regel die Beleuchtung wiederum am empfindlichsten ist, nicht stören. Für die Beurteilung des Einflusses der Spannungsschwankungen auf die Beleuchtung sind in diesem Falle die subjektiven Empfindungen des Beziegers massgebend. Um festzustellen, was als lästig empfunden wird, wurden von den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich im Zusammenhang mit diesen Untersuchungen über die Schweissanlagen auch Versuche mit verschiedenen Grössen und

einer Spannung, die mit der Belastung ändert. Fig. 5 zeigt die Stromänderung eines andern Fabrikates bei konstanter Klemmenspannung am Motor.

Man erkennt, dass bei den Schweißtransformatoren eine fast plötzliche Aenderung des Stromes eintritt und dass bei den Schweissumformern die Aenderung nur allmählich und ohne Ueberströme vor sich geht. Die Dauer des Ausgleichvorganges hängt ausser vom Fabrikat auch von den Daten des

<sup>1)</sup> Die Versuche und deren Ergebnisse wurden im Bull. SEV 1935, Nr. 22, S. 609, beschrieben.

Energie liefernden Netzes ab; sie ist um so grösser, je grösser der von der Belastung hervorgerufene Spannungsabfall ist. In den praktischen Fällen wird man mit einer Dauer des Ausgleichsvorganges von ca. 0,2 bis 0,5 Sekunden rechnen müssen.

Durch die bereits erwähnten Versuche über die zulässigen Lichtschwankungen wurde festgestellt, dass plötzliche, ungefähr 0,5 bis 1 Minute dauernde Spannungsschwankungen bei einer Grösse von etwa 3 % der Nennspannung zu einer Reklamation des

zulässiger Spannungsschwankung auch die höchstzulässige Leitungslänge bei verschiedenen Ortstransformatorenleistungen und verschiedenen Leitungsquerschnitten berechnet werden kann.

Da die Spannungsschwankung nur von der Aenderung der Wirk- und Blindströme und nicht von deren absoluten Grösse abhängig ist, so können parallel zur Schweißanlage angeschlossene Verbraucher die von der Lichtbogenschweissung hervorgerufenen Spannungsschwankungen nicht beeinflus-

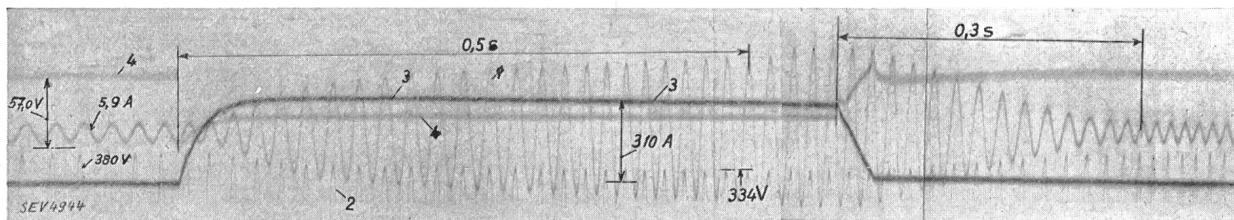


Fig. 4.  
Wie Fig. 3, aber bei nicht konstanter Motorspannung (ändert mit Belastung).

Lichtbezügers Anlass geben können. Man wird daher beim Anschluss von Schweißtransformatoren, die derartige Schwankungen hervorrufen, höchstens eine Spannungsschwankung von 3 % zulassen können. Die weiteren Untersuchungen über die Zulässigkeit des Anschlusses von Schweißumformern sollen allgemein gültig sein; es ist daher mit der ungünstigsten Ausgleichsdauer der Spannungsschwan-

sen. Aus dem gleichen Grunde können auch mit Kondensatoren, die der Verbesserung des Leistungsfaktors der Schweißmaschine dienen, die Spannungsschwankungen nicht verminder werden. Für die Schweißtransformatoren folgt daraus weiter, dass für die Spannungsschwankung nur die Aenderung des sekundären Schweißstromes massgebend ist, da der Magnetisierungs- und Verluststrom angenähert bei allen Belastungen konstant bleiben.

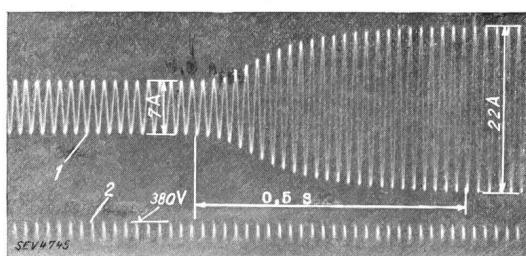


Fig. 5.  
Wie Fig. 3, aber anderes Fabrikat. Leerlauf-Vollast (240 A Gleichstrom).

kung von ca. 0,2 Sekunden zu rechnen. Nach den vorerwähnten Versuchen ist dann die zulässige Spannungsschwankung ca. 3 %, also gleich wie bei den Schweißtransformatoren.

### 3. Zulässige Entfernungen der Schweißanlagen von den Transformatorenstationen.

Die von den Schweißanlagen hervorgerufene Spannungsschwankung hängt in erster Linie von der Impedanz zwischen Verbraucher und Energiequelle ab. Als Energiequelle kann im vorliegenden Fall, wo es sich nur um geringe Spannungsänderungen handelt, die Primärseite des Transfornators in der Ortstransformatorenstation angenommen werden. Die zur Wirkung kommende Impedanz setzt sich daher zusammen aus derjenigen des Ortstransformators und derjenigen der Zuleitung, die proportional der Leitungslänge ist, so dass bei gegebener höchst-

#### a) Schweiß-Transformatoren.

Da die Beleuchtung an die Sternspannung angeschlossen ist, darf die Spannungsschwankung zwischen Polleiter und Nulleiter nach den vorangegangenen Ausführungen den Wert von 3 % nicht überschreiten. Ferner ist zu beachten, dass die Schweißtransformatoren in der Regel an die verkettete Spannung angeschlossen werden. In Fig. 6 sind unter dieser Voraussetzung und unter folgenden Annahmen die Spannungsverhältnisse aufgezeichnet:

1. Der Schweißtransformator sei zwischen Phase R und S angeschlossen.
2. Die Phasenverschiebung zwischen Strom und verketteter Spannung betrage  $\cos \varphi \sim 0,5$ , was angenähert dem in der Praxis vorkommenden Fall entspricht.

Wie aus Fig. 6 hervorgeht, sind die Spannungsabfälle und damit auch die Spannungsschwankungen in den beiden durch den einphasigen Anschluss belasteten Phasen nicht gleich gross. Für die Bestimmung der maximal zulässigen Leitungslänge ist aber der ungünstigste Fall massgebend. Der Spannungsabfall und damit auch die Spannungsschwankung ist in der voreilenden Phase R grösser als in der Phase S.

Der Spannungsabfall  $E_R$  ist allgemein für eine beliebige Belastung:

$$E_R = I \cdot R \cdot \cos \varphi_R + I \omega L \sin \varphi_R$$

Die Spannungsschwankung  $\Delta E_R$ , die beim Uebergang von einem Belastungszustand in einen andern auftritt, ist gleich der Differenz der von den beiden Belastungszuständen hervorgerufenen Spannungsabfälle. Da die grössten Spannungsschwankungen bei den grössten Belastungsschwankungen, also bei der

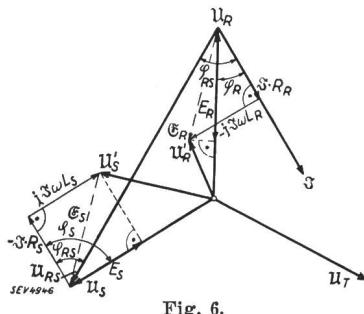


Fig. 6.

Aenderung von Leerlauf auf Vollast oder umgekehrt auftreten und nach den vorangegangenen Ausführungen der Leerlaufstrom ohne Einfluss auf die Spannungsschwankung ist, wenn dafür in unserer Gleichung als Vollaststrom der

maximale Schweißstrom eingesetzt wird, so ist die Spannungsschwankung beim Schweißtransformator gleich dem Spannungsabfall, d. h.

$$\Delta E_R = I (R \cos \varphi_R + \omega L \sin \varphi_R)$$

wo  $I$  dem maximalen Schweißstrom entspricht.

Werden folgende Bezeichnungen eingeführt:

$P_T$  Leistung des Ortstransformators in VA,

$P_S$  Maximale Schweißleistung des Schweißtransformators in VA,

$U$  Sternspannung des speisenden Netzes in V,

$c$  Verhältnis der Vollast-Kupferverluste des Ortstransformators zur Transformatorleistung,

$k$  Verhältnis des induktiven Spannungsabfalles des Ortstransformators zur Nennspannung,

$\varepsilon$  Zulässige Spannungsschwankung in % der Nennspannung  $U$ ,

$\varrho$  Ohmscher Widerstand pro Phase des Ortstransformators,

$\eta$  Induktiver Widerstand pro Phase des Ortstransformators,

$r$  Ohmscher Widerstand pro Phase und Meter der Zuleitung,

$y$  Induktiver Widerstand pro Phase und Meter der Zuleitung,

$l$  Länge der Leitung (Entfernung von der Station in Metern),

so ist

$$1. \quad \Delta E_R = \varepsilon \cdot U$$

$$2. \quad I = \frac{P_S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

$$3. \quad R = l \cdot r + \varrho$$

oder, wenn  $\varrho$  durch die Ortstransformatorenverluste ausgedrückt wird:

$$R = l \cdot r + c \frac{3 U^2}{P_T}$$

4.

$$\omega L = l \cdot y + \eta$$

oder, wenn  $\eta$  durch den induktiven Spannungsabfall des Ortstransformators ausgedrückt wird:

$$\omega L = l \cdot y + k \frac{3 U^2}{P_T}$$

Werden diese 4 Ausdrücke in der Gleichung für  $\Delta E_R$  eingesetzt, so ist

$$\Delta E_R =$$

$$\frac{P_S}{\sqrt{3} U} \left\{ \left( l \cdot r + c \frac{3 U^2}{P_T} \right) \cos \varphi_R + \left( l \cdot y + k \frac{3 U^2}{P_T} \right) \sin \varphi_R \right\}$$

Unter Berücksichtigung, dass  $\varphi_R = \varphi_{RS} - 30^\circ$ , und nach Ordnung der Gleichung nach  $l$  geht diese über in

$$l = U^2 \cdot \frac{2 \sqrt{3} \frac{\varepsilon}{P_T} - \frac{3}{P_T} \{c (\sqrt{3} \cos \varphi_{RS} + \sin \varphi_{RS}) + k (\sqrt{3} \sin \varphi_{RS} - \cos \varphi_{RS})\}}{r (\sqrt{3} \cos \varphi_{RS} + \sin \varphi_{RS}) + y (\sqrt{3} \sin \varphi_{RS} - \cos \varphi_{RS})}$$

Für die Größen  $\varphi_{RS}$ ,  $y$ ,  $c$  und  $k$  werden die in der Praxis vorkommenden Größen eingesetzt. Der Leistungsfaktor von Schweißtransformatoren auf der Sekundärseite ist etwa 0,5; es sei daher  $\cos \varphi_{RS} = 0,5$ . Der induktive Widerstand ist für alle in Frage kommenden Niederspannungsleitungen angenähert gleich gross und hat den Wert von rund 0,3 Ohm/km; es ist also  $y = 0,3 \cdot 10^{-3} \Omega/\text{m}$ . Die Vollast-Kupferverluste eines Transformators betragen im Mittel etwa 2,5 %, so dass  $c = 0,025$ . Die Kurzschlussspannung der üblichen Transformatoren liegt bei etwa 4,5 %; es ist daher  $k \sim 0,045$ . Die Gleichung für die zulässige Leitungslänge in Metern heisst dann unter diesen Voraussetzungen:

$$l = \frac{U^2}{r + 0,173} \left( \frac{2 \varepsilon}{P_S} - \frac{0,15}{P_T} \right),$$

wenn  $r$  in  $\Omega/\text{km}$  und  $P_S$  und  $P_T$  in kVA eingesetzt werden. In Tabelle I sind für eine zulässige Spannungsschwankung von 3 % und für verschiedene übliche Nennspannungen, Leiterquerschnitte, Ortstransformatoren-Leistungen und Schweißleistungen die maximal zulässigen Entfernung von der Ortstransformatorenstation in Metern zusammengestellt. Darnach darf beispielsweise ein Schweißtransformator mit 10 kVA sekundärer Schweißleistung an ein 380/220-V-Netz mit Draht von 8 mm Durchmesser und 80 kVA Transformatorenleistung höchstens in einer Entfernung von 375 Metern von der Transformatorenstation angeschlossen werden. Die Tabelle zeigt ferner, dass eine Vergrösserung der Transformatorenleistung in der Ortsstation über 100 kVA praktisch keine Verbesserung der Spannungsverhältnisse mehr bringt, und dass auch beim Normalspannungsnetz von 380/220 Volt der uneingeschränkte Anschluss von Schweißtransformatoren nicht zugelassen werden kann.

Maximal zulässige Entfernung in Metern der Schweißtransformatoren von der Transformatorenstation, wenn die maximal zulässige Spannungsschwankung 3 % beträgt.

Tabelle I.

Draht Q mm	Maximale Schweiß- leistung kVA	250/145 Volt						380/220 Volt					
		Nennleistung des Ortstransformators in kVA											
		20	40	60	80	100	120	20	40	60	80	100	120
8	2	900	1055	1100	1125	1150	1160	2080	2430	2540	2590	2640	2670
	4	300	450	500	520	540	560	695	1040	1150	1200	1250	1280
	6	100	250	300	325	350	360	240	590	695	750	800	820
	8	0	150	195	220	245	255	0	350	455	510	560	590
	10		95	140	160	185	195		215	320	375	450	455
	12		45	95	115	140	150		105	210	265	320	345
	14		25	70	95	115	130		50	160	215	265	295
	16		5	50	75	100	110		10	120	175	210	230
	18			30	55	70	80			75	130	165	185
	20				20	45	60	70			45	100	140
5,5	2	520	610	635	650	665	670	1200	1400	1460	1500	1550	1560
	4	170	260	290	300	315	320	400	600	660	690	725	740
	6	60	145	175	190	200	210	140	340	400	430	460	480
	8	0	85	115	125	140	150	0	200	260	290	325	340
	10		55	80	95	105	115		125	185	215	245	260
	12		25	55	65	80	85		60	125	155	185	200
	14		15	40	55	65	75		30	90	125	155	170
	16		0	30	45	55	60		5	70	105	125	135
	18			20	30	40	45			45	75	100	110
	20				10	25	35	40		25	60	80	95
4	2	300	350	365	375	380	385	695	810	845	860	880	890
	4	100	150	170	175	180	185	230	345	380	400	425	425
	6	35	85	100	110	115	120	80	195	230	250	265	275
	8	0	50	65	75	80	85	0	115	150	170	185	195
	10		30	45	55	60	65		70	105	125	140	150
	12		15	30	40	45	50		35	70	90	105	115
	14		10	25	30	40	40		20	55	70	90	100
	16		0	20	25	30	35		5	40	60	70	75
	18			10	20	25	25			25	45	55	60
	20				10	15	20	25		15	35	45	50

Müssen Schweißtransformatoren in grössern als den hier angegebenen Entfernungen angeschlossen werden, so bleibt mit Rücksicht auf die Lichtabonenten nichts anderes übrig, als den Energiebezug für die Schweißung während der Hauptbeleuchtungszeiten zu sperren oder die Schweißleistung zu begrenzen. Da aber letztere Massnahme sich nicht immer auf einfache Weise durchführen lässt, so wird man in der Regel zur Installation eines Sperrschatzers greifen müssen. Aber auch in diesem Falle ist die zulässige Spannungsschwankung nicht beliebig gross. Sie sollte mit Rücksicht auf die andern Verbraucher nicht grösser als 5 bis 10 % sein.

Tabelle II zeigt die für eine zulässige Spannungsschwankung von 6 % maximal möglichen Entfernungen.

### b) Schweiß-Umformer.

Die dreiphasigen Schweißumformer belasten alle drei Phasen symmetrisch; die Spannungsschwankungen sind also auf allen drei Phasen gleich gross, so dass die folgenden Betrachtungen auf eine Phase allein beschränkt bleiben können. Ist

$U$  Sternspannung des speisenden Netzes in V,  
 $I$  aufgenommener Strom der Umformergruppe in A,

$I_a$  und  $I_r$  Wirk-, bzw. Blindkomponenten des Stromes  $I$ .

$\varphi$  Phasenverschiebung des aufgenommenen Stromes,

$E$  durch die Umformergruppe hervorgerufener Spannungsabfall in V,

$\Delta E$  durch Änderung des Belastungszustandes 1 auf den Belastungszustand 2 hervorgerufene Spannungsschwankung in V,

$\varepsilon$  maximal zulässige Spannungsschwankung in % der Nennspannung  $U$ ,

$Q$  Ohmscher Widerstand pro Phase des Ortstransformators,

$\eta$  induktiver Widerstand pro Phase des Ortstransformators,

$c$  Verhältnis der Vollast-Kupferverluste des Ortstransformators zur Transformatorleistung,

$k$  Verhältnis des induktiven Spannungsabfalles des Ortstransformators zur Nennspannung,

$r$  Ohmscher Widerstand pro Phase und Meter der Zuleitung,

$y$  induktiver Widerstand pro Phase und Meter der Zuleitung,

$l$  Länge der Zuleitung oder Entfernung der Schweißanlage von der Transformatorenstation in Metern,

Maximal zulässige Entfernung in Metern der Schweißtransformatoren von der Transformatorenstation, wenn die maximal zulässige Spannungsschwankung 6 % beträgt.

Tabelle II.

Draht Q mm	Maximale Schweiß- leistung kVA	250/145 Volt						380/220 Volt					
		Nennleistung des Ortstransformators in kVA											
		20	40	60	80	100	120	20	40	60	80	100	120
8	2	2110	2260	2310	2340	2350	2360	4860	5210	5320	5380	5420	5430
	4	910	1060	1110	1140	1150	1155	2080	2440	2550	2600	2640	2660
	6	505	655	705	730	745	755	1160	1510	1620	1675	1710	1730
	8	300	455	505	530	545	550	695	1045	1550	1210	1250	1270
	10	180	335	380	405	425	430	415	765	880	935	975	1010
	12	100	255	300	325	340	350	230	580	695	750	785	805
	14	40	195	240	265	280	290	90	445	555	610	650	665
	16	0	155	200	225	240	250	0	350	460	520	555	575
	18		120	170	195	210	215		280	390	445	480	500
	20		95	140	165	180	190		215	325	380	415	435
5,5	2	1225	1315	1340	1355	1365	1370	2860	3055	3120	3160	3180	3200
	4	525	615	640	655	665	670	1230	1435	1500	1535	1560	1570
	6	290	380	410	420	430	435	680	890	955	990	1010	1020
	8	175	265	290	305	315	320	410	615	680	715	735	750
	10	105	195	220	235	245	250	245	455	520	550	570	585
	12	60	145	175	190	200	205	135	345	410	440	460	475
	14	25	110	140	155	165	170	55	260	325	360	380	395
	16	0	90	115	130	140	145	0	210	275	310	330	340
	18		70	100	110	120	125		165	230	260	285	295
	20		55	80	95	105	110		125	190	225	245	255
4	2	700	750	765	775	780	780	1610	1730	1770	1785	1800	1805
	4	300	350	365	375	380	380	690	810	845	860	875	880
	6	165	215	235	240	250	250	385	500	535	555	570	575
	8	100	150	165	175	180	180	230	345	385	400	415	420
	10	60	110	125	135	140	140	140	255	290	310	320	325
	12	35	85	100	110	115	115	80	195	230	250	260	265
	14	15	65	80	90	95	95	30	145	185	205	215	220
	16	0	50	65	75	80	80	0	115	155	170	185	190
	18		40	55	65	70	70		90	130	145	160	165
	20		30	45	55	60	60		70	110	125	140	145

$P_M$  maximale Leistungsaufnahme des Motors der Umformergruppe in VA,

$P_T$  Nennleistung des Ortstransformators in VA,

so ist allgemein der Spannungsabfall zwischen Phase und Nulleiter:

$$E = I_a (l \cdot r + \varrho) + I_r (l \cdot y + \eta)$$

und die durch die Belastungsänderung des Zustandes 1 auf den Zustand 2 hervergerufene Spannungsschwankung

$$l = 3 U^2$$

$\Delta E =$

$$E_1 - E_2 = (I_{a1} - I_{a2}) (l \cdot r + \varrho) + (I_{r1} - I_{r2}) (l \cdot y + \eta)$$

Werden die Ströme der beiden Belastungszustände in Teilen des maximalen Stromes  $I$  des Motors der Umformergruppe ausgedrückt, indem  $I_1 = \alpha I$  und  $I_2 = \beta I$  gesetzt werden, so heisst die Gleichung

$$\Delta E = I \{ (\alpha \cos \varphi_1 - \beta \cos \varphi_2) (l \cdot r + \varrho) + (\alpha \sin \varphi_1 - \beta \sin \varphi_2) (l \cdot y + \eta) \}$$

Werden nun der Strom  $I$  durch die maximale Leistung  $P_M$ , der Ohmsche Widerstand  $\varrho$  durch die

Kupferverluste  $c$  und der induktive Widerstand  $y$  durch die Kurzschlußspannung  $k$  ausgedrückt:

$$I = \frac{P_M}{3 U}; \quad \varrho = c \frac{3 U^2}{P_T}; \quad \eta = k \frac{3 U^2}{P_T},$$

so geht die Gleichung für  $\Delta E$ , wenn nach  $l$  aufgelöst wird, über in

$$\frac{\varepsilon}{P_M} - (\alpha \cos \varphi_1 - \beta \cos \varphi_2) \frac{c}{P_T} - (\alpha \sin \varphi_1 - \beta \sin \varphi_2) \frac{k}{P_T} \frac{1}{(\alpha \cos \varphi_1 - \beta \cos \varphi_2) r + (\alpha \sin \varphi_1 - \beta \sin \varphi_2) y}$$

Diese Gleichung kann für die Praxis vereinfacht werden, wenn berücksichtigt wird, dass

1. bei allen in Frage kommenden Niederspannungsleitungen der induktive Widerstand  $y$  angehährt gleich gross, nämlich etwa gleich 0,3 Ohm/km ist;

2. die Vollast-Kupferverluste des Transformators  $c$  etwa 2,5 % betragen;

3. die Kurzschlußspannung etwa 4,5 % beträgt, also auch  $k \sim 4,5 \%$  ist.

4. die grösste, massgebende Spannungsschwankung dann auftritt, wenn von Leerlauf auf die grösste Schweißstrom auftritt, gegangen wird. Die

Maximal zulässige Entfernung in Metern der Schweissumformer von der Transformatorenstation, wenn die maximal zulässige Spannungsschwankung 3 % beträgt.

Tabelle III.

Draht Q mm	Maximal auf- genommene Leistung kVA	250/145 Volt						380/220 Volt					
		Nennleistung des Ortstransformators in kVA											
		20	40	60	80	100	120	20	40	60	80	100	120
8	2	1990	2170	2240	2260	2280	2300	4100	5000	5150	5200	5250	5300
	4	820	990	1050	1085	1110	1120	1890	2290	2430	2500	2540	2570
	6	425	600	660	690	710	725	980	1380	1520	1600	1630	1670
	8	220	395	455	490	505	520	510	910	1050	1120	1160	1200
	10	110	285	345	375	395	410	250	650	800	870	910	945
	12	30	205	270	300	315	330	75	470	620	690	725	760
	14	140	205	235	250	265		325	470	545	580	620	
	16	110	175	205	220	235		255	400	470	510	545	
	18	80	140	175	190	205		180	325	400	435	470	
	20	45	110	140	155	175		110	255	325	360	400	
5,5	2	1130	1235	1270	1290	1310	1315	2620	2840	2920	2965	2980	3000
	4	455	565	600	620	625	635	1070	1300	1380	1420	1440	1460
	6	240	340	375	395	405	410	555	785	865	905	930	950
	8	125	225	260	275	285	295	290	515	600	640	660	680
	10	65	160	195	215	225	235	145	370	455	495	515	535
	12	15	115	150	170	180	190	40	270	350	390	410	430
	14		80	115	135	145	150		185	270	310	330	350
	16		65	100	115	125	135		145	225	270	290	310
	18		45	80	100	105	115		105	185	225	245	270
	20		25	65	80	90	100		60	145	185	205	225
4	2	645	700	720	730	740	745	1485	1615	1660	1685	1695	1710
	4	265	320	340	350	355	360	610	735	785	805	820	830
	6	135	195	215	225	230	235	315	445	490	515	525	440
	8	70	125	145	155	165	170	165	290	340	360	375	385
	10	35	90	110	120	125	130	80	210	255	280	290	305
	12	10	65	85	95	100	105	25	150	200	220	235	245
	14		45	65	75	80	85		105	150	175	185	200
	16		35	55	65	70	75		80	130	150	165	175
	18		25	45	55	60	65		60	105	130	140	150
	20		15	35	45	50	55		35	80	105	115	130

beim Anlauf der Umformergruppe auftretende Spannungsschwankung kommt hier nicht in Frage, weil der Anlauf in einem längeren Zeitabschnitt nur einmal auftritt, wogegen die Schweißleistung dauernd innerhalb kurzer Zeiten stark ändert und, wie in Abschnitt 2 erwähnt wurde, vor allem rasch aufeinanderfolgende Schwankungen störend empfunden werden. Im allgemeinen beträgt der Leerlaufstrom etwa 15 % des maximal aufgenommenen Stromes. Allerdings hängt diese Zahl vom Fabrikat ab, so dass die im folgenden bestimmten Werte der zulässigen Entfernungen nicht für alle Fälle gelten; sie geben aber, da der Unterschied zwischen den einzelnen Fabrikaten nicht gross ist, doch ein ungefähres Bild über die Zulässigkeit des Anschlusses von Schweißumformern.

In der weitern Berechnung wird also  $\alpha = 0,15$  und  $\beta = 1$  eingesetzt. Der Leistungsfaktor beträgt bei den heute gebräuchlichen Umformergruppen im Leerlauf etwa  $\cos \varphi_1 = 0,3$  und bei maximaler Belastung etwa  $\cos \varphi_2 = 0,85$ . Die maximale Leistung ist nicht identisch mit der Nennleistung; im Abschnitt 5 wird gezeigt, dass auch kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Nennleistung und der maximalen Leistung besteht. Die zulässige Leitungslänge kann daher nicht in Abhängigkeit der Nenn-

leistung der Umformergruppe aufgetragen werden. Die zulässige maximale Entfernung ist dann ca.

$$l = \frac{3 U^2}{0,8 r + 0,12} \left( \frac{\varepsilon}{P_M} - \frac{0,046}{P_T} \right),$$

wenn  $r$  in  $\Omega/\text{km}$  und  $P_M$  und  $P_T$  in kVA eingesetzt werden.

In der Tabelle II sind die für eine zulässige Spannungsschwankung von 3 % maximal zulässigen Entfernungen aufgetragen. Man ersieht daraus, dass beispielsweise eine an ein 380/220-Volt-Netz mit 8 mm  $\varnothing$  Draht und einer Transformatorenleistung von 40 kVA anzuschliessende Umformergruppe mit einer maximalen aufgenommenen Leistung von 12 kVA noch in 470 m Entfernung von der Transformatorenstation angeschlossen werden kann.

Auch hier bringt eine Vergrösserung der Ortstransformatorenleistung über 100 kVA nur unbedeutende Verbesserungen in den Spannungsverhältnissen.

Müssen Schweißumformer mit grösseren als den hier angegebenen Entfernungen an das Licht- oder das kombinierte Licht-Kraftnetz angeschlossen werden, so können zwei Wege zur Erreichung der Anschlussmöglichkeiten beschritten werden. Entweder

wird der Gebrauch des Schweißumformers wie beim Schweißtransformator während der Beleuchtungszeit gesperrt, oder der Schweißumformer wird so gebaut, dass der Ausgleichsvorgang seiner Spannungsschwankungen grösser wird, womit alsdann nach den bereits erwähnten Versuchen über zulässige Spannungsschwankungen auch die Grösse der zulässigen Schwankung ansteigt.

Ein Vergleich dieser zulässigen Entfernungen mit denjenigen für Schweißtransformatoren lässt erkennen, dass der Anschluss von Umformergruppen in einem grösseren Gebiet möglich ist. Die maximal zulässigen Entfernungen der Umformergruppen betragen rund das Doppelte der zulässigen Entfernungen von Schweißtransformatoren.

Da diese Werte aber nur unter verschiedenen, vom Fabrikat abhängenden Voraussetzungen gefunden worden sind, sind diese Längen nicht ohne weiteres in der Praxis brauchbar. Man wird vor der Verweigerung eines Anschlusses zuerst die massgebenden Daten des Fabrikates feststellen müssen.

#### 4. Einfluss einphasiger Belastungen auf Drehstromnetze.

Die einphasigen Anschlüsse von Schweißtransformatoren verursachen im Drehstromnetz eine unsymmetrische Belastung; dadurch wird die maximale Belastbarkeit der Ortstransformatoren und der Uebertragungsleitungen verkleinert, d. h. bei gleichbleibender Erwärmung des Transformatoren und gleich bleibendem Spannungsabfall ist eine grössere symmetrische Belastung in kVA möglich als bei unsymmetrischer Belastung. Da von verschiedenen Seiten immer wieder die Ansicht geäussert wird, dass diesem Nachteil durch Verwendung eines sog. Spannungsteilers abgeholfen werden könnte, sei auch hier kurz festgestellt, dass durch den Spannungsteiler weder an der Belastbarkeit noch am Spannungsabfall, noch an den Verlusten etwas gewonnen werden kann. Die Nutzlosigkeit des dreiphasigen Anschlusses eines Einphasentransformators wurde in E. u. M. 1933, Heft 28, von K. Widmann auf einfache Weise dargelegt. Ferner untersuchte H. Hafner im Bull. SEV 1933, Heft 1, den Spannungsteiler-Anschluss eingehend und zeigte auch, dass der Einfluss der unsymmetrischen Belastung auf parallel angeschlossene Verbraucher sehr gering ist; diese letzteren Einflüsse werden daher hier nicht weiter berücksichtigt.

Es soll nun untersucht werden, welche Drehstromleistung in kVA der Einphasenleistung entspricht, wenn die Transformatoren und Leitungen in beiden Belastungsfällen gleich beansprucht sein sollen. Da es sich in der vorliegenden Untersuchung nicht um eine allgemeine unsymmetrische Belastung handelt, sondern um eine Belastung, die sich zusammensetzt aus einer symmetrischen Drehstromlast und einer Einphasenlast, so ist nur der Fall zu untersuchen, wo zwei Ströme des Drehstromnetzes stets gleich gross sind. Es wird ferner der Einfachheit wegen angenommen, dass die Leistungsfaktoren der dreiphasigen und der einphasigen Belastung

gleich gross seien. Durch diese Annahme wird das Resultat unserer Untersuchung nicht zugunsten der unsymmetrischen Belastung verschoben, da bei dieser Annahme der grösstmögliche Strom und die grösstmöglichen Verluste in der Uebertragungseinrichtung auftreten.

##### a) Belastbarkeit mit Rücksicht auf Verluste.

Es soll bestimmt werden, welcher Drehstromleistung die Einphasenleistung entspricht, so dass bei symmetrischer und unsymmetrischer Belastung die Verluste gleich gross ausfallen. Die Verluste sind vor allem bestimmd für die Belastbarkeit der Transformatoren, da diese durch die höchstzulässige Erwärmung begrenzt wird. Zur Bestimmung des Verhältnisses der Drehstromleistung zur Einphasenleistung bei gleicher Beanspruchung des Transformatoren nehmen wir an, dass der Transformatoren auch bei unsymmetrischer Belastung bis zur Erreichung der maximal zulässigen Totalverluste belastet werden können. Obwohl dies in Wirklichkeit nicht möglich sein wird, gibt das auf dieser Annahme errechnete Resultat trotzdem annähernd Aufschluss über den Einfluss der einphasigen Belastungen.

Es werden folgende Bezeichnungen in die Rechnung eingeführt:

$P$  symmetrische Belastung in kVA,

$P_A$  Drehstromteil der unsymmetrischen Belastung in kVA,

$P_\sim$  Einphasenteil der unsymmetrischen Belastung in kVA = Leistung des Schweißtransformators,

$I$  Ströme,

$\varrho$  Ohmscher Widerstand pro Phase der Uebertragungseinrichtung,

$P_v$  Totale Verluste der Uebertragungseinrichtung,

$$x = \frac{P_\sim}{P_A}$$

$y = \frac{P - P_A}{P_\sim}$  als Mass der Mehrbelastung durch

Einphasenanschluss gegenüber reinem Drehstrom-Anschluss.

Bei symmetrischer Belastung sind die totalen von der Belastungsart abhängigen Verluste

$$P_v = 3 I^2 \cdot \varrho$$

und bei unsymmetrischer Belastung

$$P_v = 2 (I_A + I_\sim)^2 \cdot \varrho + I_A^2 \cdot \varrho$$

Da die Verluste bei beiden Belastungsarten gleich gross sein sollen, so ist

$$3I^2 = 2 (I_A + I_\sim)^2 + I_A^2$$

Werden die Ströme durch Leistungen ausgedrückt, so geht diese Gleichung über in

$$P^2 = 2 \left( \frac{P_A}{\sqrt{3}} + P_\sim \right)^2 + \frac{P_A^2}{3}$$

Werden nun in diese Gleichung die Ausdrücke von  $x$  und  $y$  eingeführt, so geht diese über in

$$y = \frac{\sqrt{2} \left( \frac{1}{\sqrt{3}} + x \right)^2 + \frac{1}{3} - 1}{x}$$

In Fig. 7 ist der Zusammenhang zwischen  $x$  und  $y$  aufgetragen. Man erkennt daraus, dass der Einphasenanschluss in bezug auf Verluste und Belast-

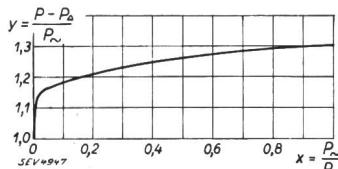


Fig. 7.

barkeit des Transformators praktisch einem Drehstromanschluss von etwa dem 1,25fachen Wert des Einphasenanschlusses entspricht.

*b) Belastbarkeit mit Rücksicht auf Spannungsabfall.*

Es soll bestimmt werden, welcher Drehstromleistung die Einphasenleistung entspricht, so dass bei symmetrischer und unsymmetrischer Belastung der Spannungsabfall gleich gross ausfällt.

Der Spannungsabfall ist in erster Linie bestimend für die Belastbarkeit der Leitungen.

Werden ausser den unter Abschnitt *a*) aufgeführten Bezeichnungen noch folgende Zeichen eingeführt:

$E$  = Spannungsabfall,

$Z$  = Impedanz der Uebertragungseinrichtung, so ist bei symmetrischer Belastung die absolute Grösse des Spannungsabfalles

$$E = I \cdot Z$$

Bei unsymmetrischer Belastung ist die absolute Grösse des Spannungsabfalles unter der bereits erwähnten Voraussetzung, dass der Leistungsfaktor des Drehstromteiles und des Einphasenteiles gleich gross sei:

$$E = I_d \cdot Z + I_a \cdot Z$$

Da beide Spannungsabfälle gleich gross sein sollen, so ist

$$I \cdot Z = I_d \cdot Z + I_a \cdot Z$$

Wird diese Gleichung durch Leistungen ausgedrückt, so geht sie über in

$$P = P_d + \sqrt{3} \cdot P_a$$

In diese Gleichung werden nun die Ausdrücke für  $x$  und  $y$  eingeführt; sie lautet dann:

$$y = \sqrt{3}$$

d. h. also, dass der Einphasenanschluss in bezug auf Spannungsabfall einem Drehstromanschluss von 1,7-fachem Wert des Einphasenanschlusses entspricht.

*c) Tarifmassnahmen.*

Das einphasige Anschlussobjekt beansprucht also die Energieübertragungseinrichtungen wie eine

Drehstromlast von 1,25fachem bzw. 1,7fachem Wert der einphasigen Leistung.

Soll der Bezug für diese Mehrbeanspruchung durch den einphasigen Anschluss das energieliefernde Werk entschädigen, so ist der die festen Kosten der Erzeugungs- und Uebertragungseinrichtungen enthaltende Teil des Energiepreises entsprechend zu erhöhen. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass die Mehrbeanspruchung um so kleiner wird, je näher man der Energiequelle kommt; denn das Verhältnis zwischen Einphasenlast und Drehstromlast wird kleiner. Praktisch wird eine Mehrbeanspruchung durch die Einphasenlast auf der Hochspannungsseite des Netzes bedeutungslos sein. Die Erhöhung des Anteiles der festen Kosten am Energiepreis wird daher nur vom Anteil der Ortstransformatorenstationen und Ortsnetze an den festen Kosten bestimmt, und zwar ist der Anteil der Ortstransformatorenstationen um das 1,25fache und der Anteil der Ortsnetze um das 1,7fache zu erhöhen. In vielen Fällen ist der Anteil der festen Kosten der Uebertragungseinrichtungen vom Bezug in Form einer Grundgebühr zu bezahlen, und die Mehrbeanspruchung lässt sich durch einen Zuschlag zu dieser Grundgebühr ausdrücken. Wird beispielsweise angenommen, dass der Anteil an der Grundgebühr der Ortstransformatorenstationen und der Ortsnetze je  $\frac{1}{4}$  der gesamten Grundgebühr betrage, so wäre beim Anschluss einer Einphasen-Schweissmaschine die Grundgebühr auf das

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \cdot 1,25 + \frac{1}{4} \cdot 1,7 = 1,24\text{fache}$$

zu erhöhen.

Da die Untersuchung über den Einfluss einphasiger Belastungen von der Voraussetzung ausging, dass ein Transformator auch unsymmetrisch bis zu seinen Vollastverlusten belastet werden könne, sind diese Zahlen etwas zu niedrig. Im ungünstigsten Fall, wo der Transformator nur soweit unsymmetrisch belastet wird, bis in einem Schenkel der Vollaststrom erreicht ist, kann  $\sqrt{3}$  mal mehr Drehstromleistung als Einphasenleistung angeschlossen werden. Wird mit dieser Voraussetzung gerechnet, so beträgt die Grundgebühr für einphasige Last das  $0,5 + 0,5 \cdot 1,7 = 1,35\text{fache}$  der Grundgebühr der Drehstromlast. Wird ferner damit gerechnet, dass die gesamten festen Kosten an der Mehrbeanspruchung beteiligt sind, so muss der Zuschlag zur Grundgebühr das 1,7fache betragen.

Der einphasige Anschluss verursacht ferner ungefähr 1,25mal soviel Verluste wie ein Dreiphasenanschluss gleicher Leistung. Wenn der Einphasen-Bezüger für diese 25 % Mehrverluste aufkommen soll, so sind diese am Verbrauchspreis zu berücksichtigen. Da die Einphasenlast aber nicht den gesamten stromabhängigen Verlustanteil von der Energiequelle bis zum Verbraucher um 25 % erhöht (vgl. Fig. 7) und außerdem die Verluste in den Leitungen klein sind, so ist praktisch nur mit einer Erhöhung der Kupferverluste in den Orts-

transformatoren zu rechnen. Werden diese zu 4 % der Belastung angenommen, so sind die Verbrauchspreise um  $0,25 \cdot 0,04 = 1\%$  zu erhöhen. Da die Schweißtransformatoren im allgemeinen eine sehr kleine Benützungsdauer aufweisen, kann diese kleine Erhöhung des Verbrauchspreises vernachlässigt werden.

Zusammenfassend kann also gesagt werden: Soll die Mehrbeanspruchung des Drehstromnetzes durch Schweißtransformatoren am Energiepreis berücksichtigt werden, so ist die Grundgebühr der normalen Drehstromlast um 24 % bis höchstens 70 % zu erhöhen, wobei die zweite Zahl aber nur bei stark, d. h. während der Schweißung fast voll belasteten Netzen in Frage kommt.

Die Mehrbelastung der Energieübertragungs-Einrichtungen der Werke durch Einphasen-Schweißtransformatoren ist also nur gering; mit Rücksicht auf die Gewinnung von neuen Energieabnehmern sollten daher auch die Schweißtransformatoren zu den normalen Energiepreisen beliefert werden und es sollten keine oder dann nur kleine Zuschläge verlangt werden.

### 5. Der Anschlusswert von Schweißmaschinen.

Der vielfach den Energiepreis beeinflussende Anschlusswert in kVA einer Schweißmaschine (z. B. bei Bestimmung des Grundpreises, der Minimalgarantie usw.) wird heute noch von den verschiedenen Fabrikaten mehr oder weniger willkürlich angegeben. Einige geben als Anschlusswert die aufgenommene Dauerleistung, andere die aufgenommene Leistung bei verschiedenen Einschaltdauern (ED), aber ohne Nennung der zugrunde gelegten Einschaltdauer an<sup>1)</sup>. Es kommt auch vor, dass Fabrikanten den Anschlusswert auf dem Leistungsschild absichtlich niedrig angeben, um gegenüber andern Fabrikaten konkurrenzfähig zu bleiben. Wie ver-

Tabelle IV.

Fabrikat	Angeschriebene Leistungen an Schweißtransformatoren in % der		
	größtmögliche Leistungsaufnahme	größtmögliche Schweißleistung	zulässigen primären Dauerbelast.
1	86	56	170
2	62	50	240
3	58	38	220
4	60	33	160

schieden heute beispielsweise Schweißtransformatoren angeschrieben werden, zeigt Tabelle IV, wo die auf dem Leistungsschild angegebenen kVA-Werte verschiedener Fabrikate in % der größtmög-

<sup>1)</sup> Die Nennleistung ist bestimmt durch die zulässige Erwärmung der Maschine, hängt also von der Betriebsweise ab. Darnach können bei ein und derselben Maschine verschiedene Nennleistungen angegeben werden (vgl. VDE-Vorschriften). Die Leistungsangabe ohne Nennung der Betriebsweise auf Schweißmaschinen entspricht nicht einer Nennleistung; es soll damit vielmehr der Wert des Anschlusses charakterisiert werden. Diese Leistungsangabe verdient daher die Bezeichnung Anschlusswert.

lichen Leistungsaufnahme, der größtmöglichen sekundären Schweißleistung und der Leistungsaufnahme bei der zulässigen Dauerbelastung angegeben sind. Für die Werke ist es daher wichtig, dass der Anschlusswert von Schweißmaschinen eindeutig und so definiert werde, dass er jederzeit auf einfache Weise kontrolliert werden kann. Ferner muss die Definition des Anschlusswertes der Schweißmaschinen der Definition des Anschlusswertes anderer Energieverbraucher (Motoren usw.) sinngemäß ent-

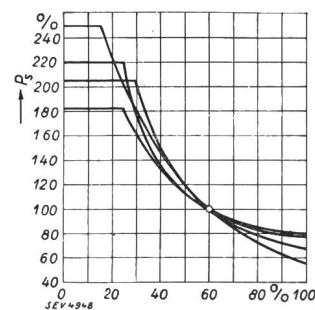


Fig. 8.

Aufgenommene Scheinleistung in % der zulässigen Dauerleistung bei 60 % Einschaltzeit von Schweißtransformatoren verschiedener Herkunft.

sprechen. Außerdem sollte der Anschlusswert auch noch Aufschluss geben über die maximale Leistungsentnahme aus dem Netz, was heute bei kompensierten Schweißtransformatoren nur durch Messung bestimmt werden kann (vgl. Tabelle IV).

Bei gewöhnlichen Motoren entspricht der Anschlusswert in der Regel der maximal möglichen Dauerbelastung. Bei nichtautomatischen Lichtbogen-Schweißmaschinen, die hier allein in Frage kommen, liegt die praktisch maximal mögliche «Dauerbelastung» bei ca. 50 bis 60 % Einschalt-

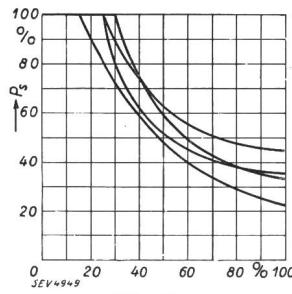


Fig. 9.

Aufgenommene Scheinleistung in % der maximal möglichen Leistungsaufnahme von Schweißtransformatoren verschiedener Herkunft.

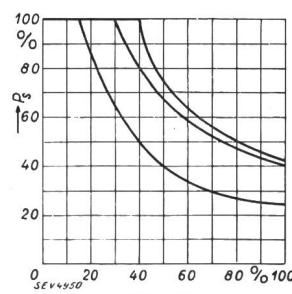


Fig. 10.

Aufgenommene Scheinleistung in % der maximal möglichen Leistungsaufnahme verschiedener Typen von Schweißumformern.

dauer. Die Nennleistung bei dieser Einschaltzeit könnte als Anschlusswert definiert werden. Eine einfache Kontrolle der Anschlussleistung wäre aber nicht möglich. Ferner gäbe diese Angabe keinen Aufschluss über die maximal auftretende Belastung des Netzes, weil kein allgemein gültiger Zusammenhang besteht zwischen der Nennleistung bei einer bestimmten Einschaltzeit und der maximal möglichen Belastung (vgl. Fig. 8).

Wird dagegen der Anschlusswert als ein bestimmter Teil der beim größtmöglichen Schweißstrom aufgenommenen Schweißleistung definiert, so kann die größtmögliche Leistungsaufnahme leicht durch

eine Strommessung bei kurzgeschlossenem Schweißstromkreis gemessen und ohne weiteres der Anschlusswert errechnet und kontrolliert werden. Die aufgenommenen Scheinleistungen in % der maximal möglichen Scheinleistungsaufnahmen bei verschiedenen Einschaltdauern sind in den Fig. 9 und 10 für Transformatoren und Umformer verschiedener Herkunft und Grösse aufgetragen. Darnach werden bei ca. 60 % Einschaltdauer im Mittel ca. 50 % der maximal möglichen Scheinleistung aufgenommen; der Anschlusswert lässt sich also auf folgende Weise definieren: *Der für die Energiepreise massgebende Anschlusswert in kVA einer Schweißmaschine ist gleich 50 bis 60 % der beim maximal möglichen Schweißstrom aufgenommenen Scheinleistung.*

Durch diese Definition erfolgt auch ohne weiteres eine im Interesse des energieliefernden Werkes liegende, günstigere Behandlung der mit mehr Kondensatorenleistung kompensierten, aber sonst gleichen Schweißtransformatoren. Fig. 11

zeigt, dass nach der vorgeschlagenen Definition ein Transformator mit der Schweißleistung  $S$  bei Kompensation mit einer Kondensatorleistung  $K_1$  einen Anschlusswert gleich  $A_1$ , bei einer Kondensatorleistung  $K_2$  aber einen solchen von  $A_2$  aufweist.

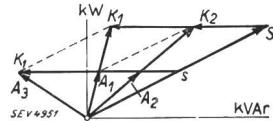


Fig. 11.  
 $S$  maximale Schweißleistung.  
 $s$  Schweißleistung mit ca.  
60 % Einschaltdauer.  
 $K$  Kondensatorleistungen.  
 $A$  Anschlusswerte.

Würde der Anschlusswert bei einer bestimmten Einschaltdauer, z. B. bei der Schweißleistung  $s$  festgelegt, so würde der Schweißtransformator mit dem kleinern Kondensator  $K_2$  ebenfalls nur den Anschlusswert  $A_1$  und der Schweißtransformator mit dem grössern Kondensator  $K_1$  sogar den grössern Anschlusswert  $A_3$  besitzen. Ausserdem ist es ohne weiteres möglich, aus dem derart definierten Anschlusswert auf die notwendige Dimensionierung der Installation zu schliessen.

## Ueber einige neuere Konstruktionen und Entwicklungsarbeiten am Kaltkathodenstrahl-Oszillographen.

Von G. Induni, Zürich.

621.317.755

(Mitteilung aus dem Laboratorium der Firma Trüb, Täuber & Co. A.G., Zürich.)

Wie unsere Leser wissen, kaufte der SEV im Jahre 1926 einen Dufourschen Kathodenstrahlloszillographen und beauftragte Herrn Dr. K. Berger als Versuchsingénieur mit der Weiterentwicklung dieses Apparates und mit Untersuchungen über die Natur der Ueberspannungen in elektrischen Anlagen; Ziel dieser Arbeiten war, die Betriebssicherheit der Hochspannungsanlagen zu erhöhen, im besonderen Mittel ausfindig zu machen, welche sie gegen Ueberspannungen atmosphärischen oder inneren Ursprungs schützen. Der vom Vorstand des SEV eingesetzte Ausschuss zur Leitung dieser Arbeiten wurde im Jahre 1930 auf breiterer Basis in die «Verwaltungskommission für den Kathodenstrahlloszillographen» mit dem «Arbeitskomitee», beide unter dem Vorsitz des verstorbenen Herrn Dr. K. Sulzberger, übergeführt.

Der Versuchsingénieur entwickelte den Dufourschen Oszillographen in den Werkstätten des SEV und später auch mit der Firma Trüb, Täuber & Cie. A.-G., Zürich, welche die Ausführung übernommen hat, zu einem industriell brauchbaren Apparat, mit dem im Laufe der Jahre bemerkenswerte Resultate, besonders auf dem Gebiet der Gewitterforschung, der Kurzschluss- und Erdschluss-Erscheinungen und der Prüfung von Ueberspannungsschutzapparaten erzielt wurden. Ueber alle diese Arbeiten, z. T. auch über die Weiterentwicklung des Oszillographen wurde im Bulletin des SEV laufend berichtet. Im folgenden werden nun die ersten, für den Verkauf bestimmten, fabrikmässig hergestellten Ausführungen beschrieben. — Die Redaktion.

### 1. Einleitung.

Das wachsende Interesse, welches die Industrie und die Forschung dem Kaltkathodenstrahl-Oszillographen in neuerer Zeit entgegenbringen, bedingte nicht nur eine Entwicklung dieses Apparates im Sinne grösserer Leistungsfähigkeit, sondern auch in konstruktiver Richtung. Hierüber, besonders über die Entwicklung einiger wichtiger Einzelteile, wurde an dieser Stelle schon berichtet (siehe Fussnote <sup>1)</sup> auf Seite 688). Es scheint heute an-

Comme nos lecteurs le savent déjà, l'ASE fit en 1926 l'acquisition d'un oscillographe cathodique Dufour et chargea M. K. Berger, ingénieur, de développer cet appareil et d'étudier la nature des surtensions dans les installations électriques. Le but de ces travaux était d'augmenter la sécurité d'exploitation des installations à haute tension et, en particulier, de trouver des moyens pour les protéger contre les surtensions d'origine atmosphérique ou interne. Le comité nommé par l'ASE pour diriger ces travaux fut élargi en 1930 et transformé en la «commission d'administration des travaux avec l'oscillographe cathodique (KOK)», avec son «comité d'action», présidés les deux par le regretté M. K. Sulzberger.

L'ingénieur chargé des essais développa l'oscillographe Dufour dans les ateliers de l'ASE, puis plus tard en collaboration avec la maison Trüb, Täuber et Cie S. A., Zurich, qui en a repris l'exécution, pour en faire un appareil industriel pratique qui permit peu à peu d'obtenir des résultats remarquables, en particulier dans le domaine de l'électricité atmosphérique, des phénomènes de court-circuit entre phases ou à la terre, ainsi que des essais d'appareils de protection contre les surtensions. Ces travaux et aussi en partie les perfectionnements de l'appareillage ont été relatés dans le Bulletin de l'ASE. Dans l'article ci-dessous l'auteur décrit les premiers appareils de fabrication industrielle, destinés à la vente. — La rédaction.

gezeigt, die interessierten Kreise einmal über die fertigen Konstruktionen und ganzen Apparate zu orientieren, weil bei diesen die speziell durch die jeweilige Problemstellung gestellten Forderungen berücksichtigt wurden. Die Lösung der gestellten Probleme konstruktiver Natur war nicht nur durch die Anpassung an den Verwendungszweck geboten, sondern auch durch die Forderung einer fabrikationsmässigen, preiswerten Herstellung der Apparate gegeben. Nicht zuletzt war auch die