

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 25 (1934)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Neue Erkenntnisse über den Abschaltvorgang in Wechselstromschaltern und ihre Anwendung auf den Bau des Oelstrahlschalters für Höchstspannung  
**Autor:** Roth, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060130>

### **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:** 03.04.2026

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

flussung durch Kurvenverzerrung konnte aber bis heute weder in Versuchen noch in der Praxis festgestellt werden<sup>4)</sup>; dagegen zeigten sich wesentliche

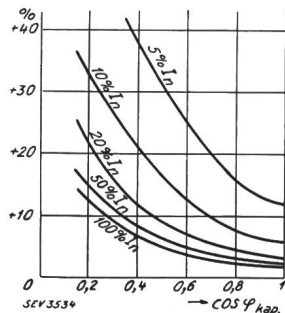


Fig. 22.  
Fehler in % des Sollwertes  
eines Wirkenergiezählers  
3 · 20 A; 3 · 500 V.

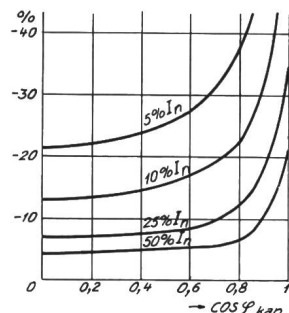


Fig. 23.  
Fehler in % des Sollwertes  
eines Blindenergiezählers  
3 · 5 A; 3 · 500 V.

Fehler an den Wirkenergiezählern bei kapazitivem Bezug. Fig. 22 zeigt die an einem Kilowattstundenzähler für 3 · 500 V und 3 · 20 A aufgenommenen Fehlerkurven. Danach können Fehler bis zu ca. 40 %

<sup>4)</sup> Siehe Hürbin, Bull. SEV 1929, S. 669.

auftreten, sobald die Wirkbelastung relativ zum Sollwert klein ist. Dies wird aber in der Regel der Fall sein, da Anlagen nicht von vornherein überkompensiert werden. Tritt die kapazitive Belastung nur kurzzeitig auf, so wird sich der Fehler an der Stromrechnung allerdings nicht in diesem Masse auswirken. Bei Bezügern aber, die ständig mit kapazitiver Last arbeiten, z. B. infolge Stilllegung eines Teils des Betriebes, ist eine einwandfreie Messung der verbrauchten Energie nicht mehr möglich. In diesem Falle müssen entweder besonders geeichte Zähler eingebaut, oder auch ein Teil der Kompensationsmittel abgeschaltet werden.

Ein Einfluss eines voreilenden Leistungsfaktors auf die Blindenergiezähler ist nur dort vorhanden, wo die Zähler nicht mit Rücklaufhemmung ausgeführt sind und also bei kapazitiver Last nicht stille stehen. Fig. 23 zeigt die an einem Blindenergiezähler für 3 · 5 A und 3 · 500 V bei Rückwärtsgang festgestellten Fehlerkurven. Danach können auch hier grosse Fehler auftreten, so dass es angezeigt ist, Lieferung und Bezug von Blindenergie getrennt zu messen.

## Neue Erkenntnisse über den Abschaltvorgang in Wechselstromschaltern und ihre Anwendung auf den Bau des Oelstrahlschalters für Höchstspannung.

Von Dr. A. Roth, Aarau.

621.316.57.064.25

Es werden die Erscheinungen beim Abschalten eines Wechselstromlichtbogens analysiert und gezeigt, wie ihre richtige Betrachtung und Ausnützung zu einer Schalterkonstruktion mit sehr bemerkenswerten Eigenschaften führte. Der neue Schalter, ein «Oelstrahlschalter», wird beschrieben und dem klassischen Oelschalter gegenübergestellt.

L'auteur analyse les phénomènes accompagnant la rupture d'un arc alternatif et montre comment leur étude et leur application correctes ont conduit à une construction d'interrupteur présentant des qualités remarquables. Une description de l'interrupteur «à jet d'huile» est suivie d'une comparaison avec le type classique d'interrupteur à huile.

Es darf wohl behauptet werden, dass die modernen Oelschalter, besonders für Höchstspannungsanlagen, einen grossen Stand der Vollkommenheit erreicht haben und mit grosser Sicherheit arbeiten. Eine nähere Betrachtung zeigt indessen eine Reihe von Punkten praktischer Art, welche zu Kritik Anlass geben könnten. So fragt man sich, ob es wirklich nötig ist, dass zum Beispiel 150 kV-Schalter so grosses Oelvolumen (ungefähr 4600 l pro Pol), so grosses Gewicht (mit Oel ungefähr 7000 kg pro Pol), so grosse Energieentwicklung (8000 kilojoules pro Pol für 600 MVA) und so grosse Gasentwicklung (1500 l pro Pol bei Abschaltung von 600 MVA) und die daherige ausserordentlich grosse Druckbeanspruchung, grosse bewegte Massen und folglich lange Abschaltzeiten (0,40 s) aufweisen müssen.

Verschiedene europäische Firmen haben, von diesen Ueberlegungen ausgehend, neue Lösungen gesucht und auch gefunden<sup>1)</sup>. Die Möglichkeit dazu ist gegeben durch genauere Erfassung des Löschvorganges. Aus dieser folgt vor allem, dass die heutigen Schalter grosse Lichtbogenlängen aufwei-

sen, welche wohl zur Energieentwicklung, aber nur zum kleinen Teile zur Löschung beitragen.

Zum besseren Verständnis der folgenden Ausführungen soll auf einige bekannte Tatsachen zurückgegriffen werden:

1. Die Löschung erfolgt in allen bekannten Wechselstromschaltern im Augenblicke des natürlichen Nulldurchganges des Stromes, und zwar dem ersten, welcher stattfindet, nachdem eine bestimmte, durch den Abschaltstrom, die im Abschaltmoment bestehende Netzspannung und die Eigenfrequenz des Stromkreises einerseits, durch die Schalterkonstruktion andererseits gegebene Länge des Lichtbogens erreicht ist.

2. Im natürlichen Nulldurchgang des Stromes ist der Lichtbogen kein eigentlicher Lichtbogen mehr, da ja der Strom  $i = 0$  ist, also keine Elektrizität transportiert wird. In diesem Augenblicke ist der «Lichtbogen» nur noch eine viele tausend Grad heisse Gasstrecke, welche Ionen und Elektronen in grosser Zahl enthält. In diesem Augenblicke ist auch die Spannung gleich 0, steigt aber bei kleinem  $\cos \varphi$  des Kurzschlusskreises — und nur ein solcher kommt bei schweren Abschaltungen in Frage — in kürzester Zeit auf den Amplitudenwert

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Bull. SEV 1932, Nr. 22 und 23.

der im Netz vorhandenen Spannung. (Je nach Eigenfrequenz des Kurzschlusskreises beträgt diese Zeit einige hunderttausendstel bis einige tausendstel Sekunden.) Diese «wiederkehrende Spannung» setzt die noch vorhandenen Ionen in einer, die Elektronen in entgegengesetzter Richtung wieder in Bewegung, so dass von neuem Elektrizitätsträger transport stattfindet, und der Lichtbogen wieder gebildet wird. Der Vorgang der Neuionisierung geht um so leichter vor sich, je höher einerseits die Temperatur der Gassäule und die Anzahl der verbleibenden Ionen und Elektronen, je höher andererseits die diese Ionen und Elektronen bewegenden Kräfte sind, d. h. die Spannung zwischen den Kontakten dividiert durch die Bogenlänge. Diese Beziehung kann auch so ausgedrückt werden, dass die Wiederzündung um so mehr erschwert wird, je kleiner Temperatur und Zahl der Elektrizitätsträger sind und je mehr das Verhältnis der Spannung

dass der Abschaltvorgang eines Wechselstromschalters, oder genauer, derjenige Teil des Abschaltvorganges, während welchem der Lichtbogen besteht, in zwei Teile zerfällt, deren Bedeutung ganz verschieden ist (Fig. 1): in die Vorbereitungsperiode A und in die Löschperiode B. Die erste ist ausschliesslich dazu da, um den Lichtbogen auf die für die Löschung notwendige Länge zu bringen, während der eigentliche Löschvorgang sich in der kurzen Periode B abspielt. Die Dauer von A ist von der Schaltgeschwindigkeit abhängig und kann mit Rücksicht auf die Massenbewegung nicht beliebig herabgedrückt werden.

Derjenige Faktor, welcher den Abschaltvorgang und die dabei auftretenden Erscheinungen in weitestgehendem Masse beeinflusst, ist die *Energieabgabe des Lichtbogens*. Sie erfolgt in Form von Wärmeabgabe (Kühlung) und Abgabe von Ionen und Elektronen. Sie erschwert also den Transport

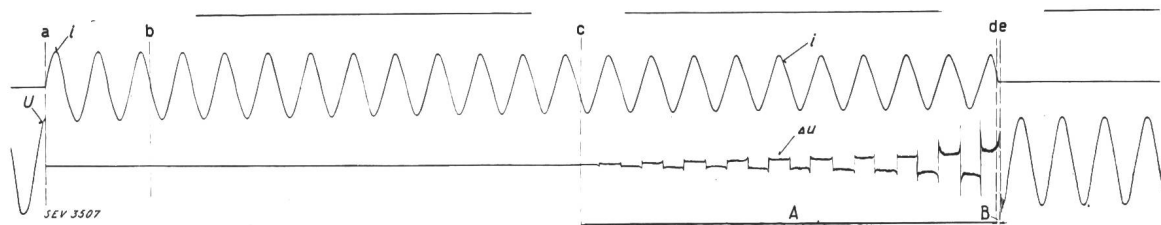


Fig. 1.

Unterteilung des Abschaltvorganges bei Wechselströmen in Vorbereitungsperiode A und Löschperiode B. Verlauf der Spannung  $\Delta u$  an den Schaltelektroden und des Stromes  $i$  im Lichtbogen.

a Beginn des Kurzschlusses.

b Augenblick der Schalterbetätigung.

c Beginn der Kontakttrennung u. der Vorbereitungsperiode A.

d Beginn der Löschperiode B.

e Ende der Löschperiode B.

zum Kontaktabstand erniedrigt worden ist. Letzteres ist bei gleichbleibender Spannung an den Kontakten gleichbedeutend mit grossem Kontaktabstand.

Bei Nulldurchgang findet sich also eine einzigartige Gelegenheit, den Lichtbogen zu «löschen», d. h. seine Wiederentstehung zu verhindern. Alles hängt davon ab, diese Gelegenheit richtig zu benützen. Bei den bisherigen Oelschaltern wurde dieses Eingreifen in bewusster oder unbewusster Weise durch Annäherung des Lichtbogens an die Oberfläche der Gasblase und die daraus sich ergebende Kühlung versucht. Andererseits wurden bei jedem neuen Nulldurchgang die Elektroden weiter entfernt, die Lichtbogenlänge also grösser, und die Spannung pro Zentimeter Kontaktabstand herabgesetzt. In demjenigen Nulldurchgang, wo dann dieser Prozess der Erhöhung des Kontaktabstandes, d. h. der Lichtbogenverlängerung, weit genug fortgeschritten war, wurde die Kühlung genügend, um ein Wiederzünden zu verhindern, der Lichtbogen also «gelöscht».

Im folgenden soll gezeigt werden, wie die logische Betrachtung dieser Vorgänge zur Durchbildung von Schaltern mit ganz neuen Eigenschaften führt. Aus den obigen Ueberlegungen folgt nämlich,

der Elektrizitätsträger im Bogen (vergleiche oben). In bezug auf die Auswirkung dieser Erscheinung sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Wird der Strom im Kreise und also auch im Bogen konstant gehalten, so muss ein grösserer Spannungsabfall  $\Delta u$  am Bogen auftreten, damit dennoch Elektrizitätsträger in genügender Zahl gebildet und transportiert werden.

2. Wird dagegen die Spannung an den Elektroden konstant gehalten, so nimmt die Zahl der gebildeten und transportierten Elektrizitätsträger, d. h. also der Strom ab.

Bei allen heutigen Wechselstromschaltern liegt der erste Fall vor, da ja der Strom  $I$  durch die konstante EMK  $E$  und die ebenfalls konstante Reaktanz  $\omega L$  des Kurzschlusskreises bestimmt ist nach der Formel

$$I = \frac{E}{\omega L} \quad \left| \quad \begin{array}{l} E \text{ in Volt} \\ \omega L \text{ in Ohm} \end{array} \right.$$

(der Widerstand des Kreises wurde vernachlässigt).

Für eine genauere Betrachtung müsste auch der Spannungsabfall  $\Delta u$  im Lichtbogen des Schalters berücksichtigt werden; er beträgt aber nur 5—30 %

von  $E$ , kann also  $I$  nicht wesentlich beeinflussen<sup>2)</sup>. Alle Wechselstromschalter arbeiten bis heute sehr angenähert mit konstantem  $I$ , wie jedes beliebige Oszillogramm zeigt. Es soll deshalb im folgenden nur dieser Fall betrachtet werden.

Eine einfache Ueberlegung erlaubt, die in der Zeiteinheit abgegebene Energie zu berechnen: die in den Bogen hineingeschickte Leistung ist nämlich — da im Bogen selbst keine wesentliche Energiespeicherung stattfindet — angenähert gleich der abgegebenen Leistung, ganz ähnlich wie bei einem durch Stromdurchgang erhitzten Draht. Die abgegebene Leistung kann also für jeden Zeitpunkt ausgedrückt werden durch die Formel

$$p = \Delta u \cdot i \quad \left| \begin{array}{l} \Delta u \text{ in V} \\ i \text{ in A} \end{array} \right.$$

$\Delta u$  und  $i$  und damit also die abgegebene Leistung können im Oszillogramm (z. B. Fig. 1) leicht bestimmt werden. Eine Erhöhung der abgegebenen Leistung erhöht also, da ja  $i$  konstant, den Spannungsabfall am Lichtbogen.

Was geschieht nun mit der abgegebenen Energie? Sie erhitzt das Öl und zersetzt es in Dampf, Gas und Kohle (Ölverrussung). Weiter erhitzt sie diese Gase und Dämpfe und erhöht infolgedessen den durch die Gas- und Dampf bildung entstandenen Druck noch weiter. Messungen zeigen andererseits, dass die Spannung eines Lichtbogens um so höher ist, je höher der Druck des den Bogen umgebenden Mediums ist. Dies dürfte so erklärt werden, dass der erhöhte Druck die Kühlung begünstigt, dass also mehr Energie abgeführt wird und folglich auch mehr Energie in den Bogen hineingeschickt werden muss (grösseres  $\Delta u$ ). Der erhöhte Druck erhöht also wiederum die Bogenenergie und damit die Druckerzeugung usw. Gerade diese Vorgänge der Gas- und Druckerzeugung und der Ölverrussung sind es, welche dem Schalterbauer so ausserordentliche Schwierigkeiten bereiten und zu den grossen druckbeanspruchten Schaltern mit grossem Ölvolume und grossem Gasraum geführt haben.

*Der Gedanke lag nahe, diese Vorgänge während der Vorbereitungsperiode so weit als möglich einzuschränken, und die Energieabgabe des Bogens erst dann eintreten zu lassen, wenn sie auch wirklich zum Zerstören des Lichtbogens führt, wenn also der Lichtbogen die notwendige Länge erreicht hat, d. h. in der Löschperiode B.*

Wir stellen uns damit in bewussten Gegensatz zu den älteren Anschauungen, wonach dem Lichtbogen möglichst viel Energie entzogen wurde,

<sup>2)</sup> Auch der andere Fall ist theoretisch denkbar, dass nämlich der Schalter so gebaut ist, dass  $\Delta u$  schliesslich die Grössenordnung von  $E$  erreicht; dies wäre dann gleichbedeutend mit Uebergang zum zweiten Fall ( $\Delta u = \text{konstant}$ );  $i$  würde von diesem Augenblicke an abnehmen, und zwar bis auf 0, was mit Löschung gleichbedeutend ist. Die Gleichstromschalter arbeiten ganz allgemein nach diesem Grundsatz; für Wechselstromhöchstspannungsschalter bietet seine Anwendung aber ausserordentliche Schwierigkeiten und wurde deshalb bis heute nicht versucht.

gleichgültig wann und wo, und wodurch sich dann die unheimliche Energieverschwendung mit ihren konstruktiven Folgen ergab.

*Dagegen soll während dieser Löschperiode der Energieentzug so stark wie irgend möglich gemacht werden, damit in diesem Augenblicke aus der heissen, mit Ionen und Elektronen durchsetzten Säule eine möglichst kühle und ionenarme Gassäule wird, welche trotz der rasch ansteigenden Spannung den Ionen- und Elektronentransport nicht mehr gestattet. (An ein Ersetzen der Gassäule durch flüssiges Öl selbst kann wohl nicht gedacht werden, da dieses zu grosse Masse hat, um in der kurzen zur*

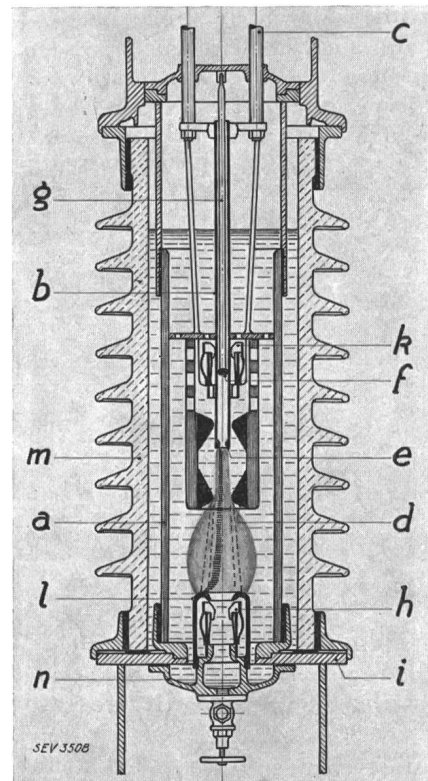


Fig. 2.  
Schnitt durch Schaltkammer eines Ölstrahlschalters für Höchstspannung.

Verfügung stehenden Zeit den Platz des Gases einzunehmen.)

Verschiedene moderne Schalter beruhen auf der konsequenten Anwendung dieser Erkenntnisse, so z. B. gewisse Luftschalter<sup>3)</sup>. Ihr Einfluss auf die Weiterentwicklung des Ölschalters soll im folgenden an einem dem Verfasser besonders nahe liegenden Beispiel gezeigt werden.

Fig. 2 zeigt einen Schnitt durch den aktiven Teil des Schalters. Der Strom wird in  $c$  zu-, in  $i$  abgeführt.  $b$  stellt die Schaltstange dar, welche im eingeschalteten Zustande die Verbindung zwischen den festen Kontakten  $k$  und  $h$  herstellt. Diese ist hohl und besitzt eine Düse  $e$ , welche zugleich als Abbrennkontakt dient; sie schliesst einen feststehen-

<sup>3)</sup> Bull. Soc. franç. Electr. 1932, S. 73; Bull. SEV 1932, Nr. 23, S. 622; E. u. M. 1933, S. 184.

den Kolben *g* ein. Auf dem letzten Teile ihres Abschaltweges ist sie von einer Blaskammer *d* umhüllt. Das Ganze befindet sich in einem isolierenden Gefäss *a*, welches mit Oel gefüllt und gegen Witterungseinflüsse durch eine Porzellanumhüllung *m* geschützt ist.

Im folgenden sollen die Vorgänge bei Abschaltung mit einem Pol von 2000 A unter 100 kV, entsprechend 600 MVA bei 170 kV dreiphasig, dargestellt werden (Fig. 3).

Nachdem der Schaltmechanismus in Bewegung getreten ist, beginnt die Schaltstange *b* ihre Bewegung. Die sich mit grosser Geschwindigkeit entfernenden Kontakte ziehen einen Lichtbogen, welcher um sich herum eine Gasblase bildet und in deren Achse er sich befindet. Die Energieabgabe dieses Lichtbogens ist ausserordentlich klein. Dies ist auf verschiedene Faktoren zurückzuführen: Einmal

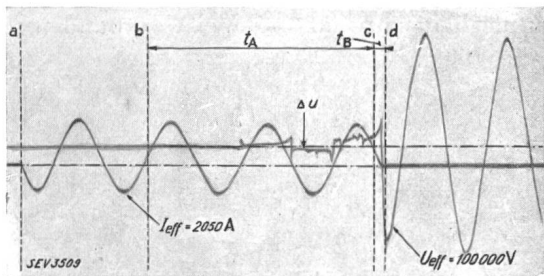


Fig. 3.

Strom- und Spannungsverlauf bei Abschaltung von 2050 A unter 170 kV mit einem Oelstrahlschalter.

- a Beginn des Kurzschlusses.
- b Beginn der Kontakttrennung u. der Vorbereitungsperiode A.
- c Beginn der Löscheriode B.
- d Ende der Löscheriode B.

darauf, dass sich der Lichtbogen in der Achse der Gasblase befindet, von dem Oel durch Gas und Dampf getrennt, wodurch die Wärmeleitung verhältnismässig schlecht ist. Ferner ist der Lichtbogen sehr kurz, der Druck gering. Der Spannungsabfall im Bogen beträgt infolgedessen nur ca. 3500 V. Dies alles ist für die Vorbereitungsperiode ausserordentlich erwünscht.

Ist nun die für Abschaltung nötige Länge annähernd erreicht, so tritt die Elektrode in die Blaskammer ein. Damit beginnt der für die Löschung entscheidende Teil des Vorganges: Die weitere Verlängerung des Bogens vollzieht sich in der Kammer. Für diesen Teil des Bogens wird das Oel am Ausweichen verhindert. Es befindet sich also in grosser Nähe des Bogens und wird infolgedessen in grosser Menge verdampft und vergast. Dabei entwickelt sich ein bedeutender Druck, der nach dem Gesagten die Energieabgabe weiter verstärkt. Auf diesen Teil des Bogens entfällt entsprechend der grossen Energieabgabe ein starker Spannungsabfall, der bis zu 9000 V ansteigt. Die Gase vermengen sich mit Oel, wodurch ein elastisches Gemisch entsteht, welches mit grosser Geschwindigkeit aus der Kammer ausgestossen und auch während des Nulldurchganges

des Stromes in den Bogen eingespritzt wird. Unmittelbar vor und während des folgenden Nulldurchganges des Stromes sind infolgedessen Abkühlung und Entionisierung so stark, dass der Bogen nicht mehr zünden kann.

Die Lichtbogendauer beträgt 0,045 bis 0,065 s, die Energieabgabe pro Pol 270 kJ, die Gasmenge pro Pol 70 bis 90 l (auf 1 kg/cm<sup>2</sup> und wirkliche Temperatur bezogen), die gesamte Abschaltzeit 0,18 s und das Oelvolumen 40 l. Die entsprechenden Ziffern für den klassischen Oelschalter sind 0,20 s, 8000 kJ, 1500 bis 1800 l Gas, 0,40 s gesamte Abschaltzeit und 4600 l Oel.

Wie sind diese überraschenden Unterschiede möglich geworden? Ausschliesslich durch die ausserordentlich geringe Energieabgabe in der Vorperiode und die intensive Abkühlung in der Löscheriode. Die erste hat die erzeugte Gasmenge und die Oelverrossung verringert, die zweite hat erlaubt, einerseits die dazu nötige Verkleinerung der Lichtbogenlänge vorzunehmen, andererseits mit einem kleinen Schaltwege und mit kleinen bewegten Massen auszukommen. Die geringe Gasentwicklung hat dann gestattet, das in der Hochspannungstechnik

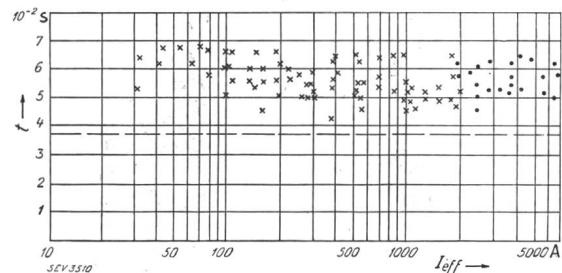


Fig. 4.

Lichtbogendauer eines Oelstrahlschalters von 150 kV in Funktion der Stromstärke.

- x Normaler Versuch.
- Versuche unter reduzierter Spannung.

immer mehr verwendete Prinzip des isolierenden Kessels bei gleichzeitiger Unterdrückung der Durchführungsisolatoren anzuwenden<sup>4)</sup>. Dieses Prinzip besitzt die Eigenschaft, dass nur eine Dimension durch die Nennspannung des Apparates beeinflusst wird. Ein Vergleich der aktiven Teile des 75- und 220 kV-Schalters möge dies zeigen (Fig. 6).

Bei Unterbrechung kleiner Ströme ist die Gasentwicklung in der Blaskammer nicht genügend, um die Löschung zu erreichen. Aus diesem Grunde wurde die Pumpe *g* angeordnet, welche Oeinspritzung in den Bogen selbst erzeugt. In Fig. 4 sind für eine grössere Anzahl von Versuchen mit verschiedenen Strömen die Abschaltzeiten zusammengestellt. Man sieht darin die grosse Regelmässigkeit des Vorganges, wobei in Berücksichtigung zu ziehen ist, dass der zufällige Zeitpunkt des Beginns des Abschaltvorganges mit einem beliebigen Punkt der Stromkurve zusammenfällt und also eine Mindeststreuung von 0,01 s bedingt.

<sup>4)</sup> Vergleiche damit die Entwicklung der Strom- und Spannungswandler (Bull. SEV 1933, Nr. 5).

## Vergleich zwischen Oelschaltern alter und neuer Konstruktion (Daten pro Pol).

Tabelle I.

Nennspannung kV	Oelvolumen l		Gewicht mit Oel kg		Energieabgabe bei Unterbrechung von 600 MVA kJ		Gasentwicklung l	
	alt	neu	alt	neu	alt	neu	alt	neu
64	800	30	1 500	1 300	4 800	120	1 000	30 40
150	4 600	40	7 500	1 900	8 000	270	1 500 / 1 800	70/90
220	17 500	80	24 500	3 500	ca. 11 000	420	ca. 2 200	100/130

Die Punkte über 2000 A sind mit niedrigerer Spannung erhalten worden, da sie über der Schaltleistung der zur Verfügung stehenden Versuchsanlage liegen. Dieses Verfahren ist für solche Schalter

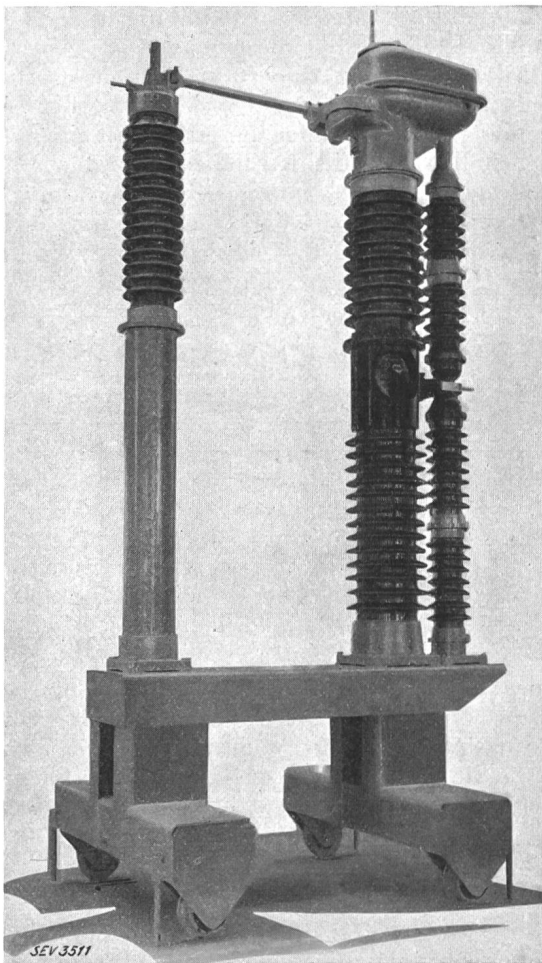


Fig. 5.

Pol eines Oelstrahlschalters von 150 kV Nennspannung, 600 A Nennstrom und 6000 A Abschaltstrom.

mit einem grossen Grad der Wahrscheinlichkeit zulässig, da ja die Lichtbogenlänge und damit auch die Lichtbogenenergie nur von dem Bau des Schalters abhängen. Die Lichtbogenenergie und damit auch die Gas-, Druck- und Russentwicklung hängen also bei gegebenem Schalter nur vom Strom, nicht also von der aufgedrückten Spannung ab. Diese war dagegen für die Wahl des Schaltweges des Schalters allein massgebend.

Fig. 5 zeigt einen Schalterpol. Der mit diesem zusammengebaute Trenner dient dazu, den alten Grundsatz: keine Ueberbrückung der isolierenden Luftstrecke zwischen den Schalterklemmen durch Isoliermaterial und Kriechflächen aufrechtzuerhalten. Auf diese Weise ist die Gewissheit erreicht, dass bei geöffnetem Schalter nicht etwa gefährliche Spannungen auf der abgeschalteten Strecke bestehen können. Der Trenner ist mit dem Schaltmechanismus auf die Weise verbunden, dass

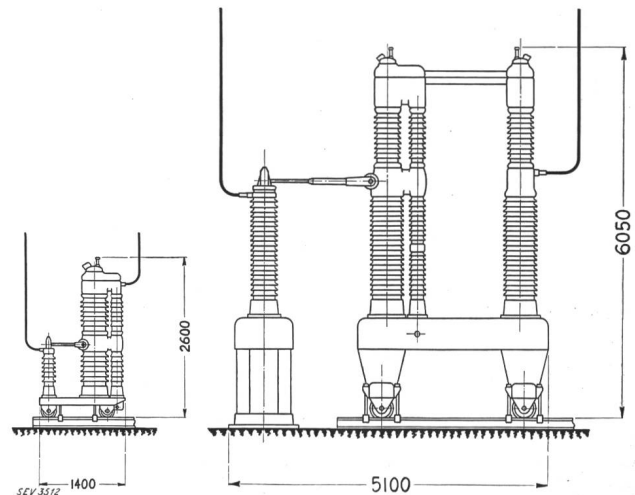


Fig. 6.

Abmessungen der Oelstrahlschalter für 64 und 220 kV Nennspannung.

er vor dem Oelschalter ein- und nach ihm ausschaltet.

Die Revision der Kontakte gestaltet sich sehr einfach. Der Boden *n* (Fig. 2) kann nach Entfernung von 6 Schrauben abgehoben werden, wonach beide Kontakte sichtbar sind. Für eine allgemeine Revision kann der aktive Teil durch einen Mann herausgehoben werden.

Im Gegensatz zu den bisher gebräuchlichen Oelschaltern können die Oelstrahlschalter, wie auch die verschiedenen anderen modernen Oelschalter mit isolierendem Gefäss nicht mit Durchführungsstromwandlern ausgerüstet werden, da sie ja keine Durchführung mehr besitzen. Es ist aber heute gelungen, sehr ökonomische Stromwandler herzustellen, welche an Präzision den Stabwandlern der Oelschalter mindestens gleichkommen. Die gleiche Bemerkung gilt auch für die kapazitiven Spannungswandler.

Tabelle I zeigt noch einmal den hauptsächlichsten Unterschied zwischen Oelschaltern alter und neuer Konstruktion. Besonders auffallend ist dabei der Vergleich der Oelvolumen.

Was das Anwendungsgebiet der verschiedenen heute auf den Markt gebrachten Schalter mit geringerem Oelvolumen betrifft, so ist sicherlich zu erwarten, dass sie über kurz oder lang den klassischen Oelschalter verdrängen werden.

Wenn auch gegen diese Schalter, wie gegen jeden Oelschalter, der Vorwurf erhoben werden könnte,

dass Brand- und bei Störungen im Mechanismus Explosionsgefahr nicht ganz beseitigt sind, so muss doch gesagt werden, dass diese Gefahr in Freiluftanlagen nicht gross ist und dass ihre Folgen durch die Verkleinerung des Oelvolumens an Bedeutung verloren haben. Andererseits bieten in Freiluftanlagen mit ihrer durch die Temperaturunterschiede bedingten Kondenswasserbildung die bekannten Eigenschaften des Oels in bezug auf Isolierung grosse Vorteile.

## Hochfrequenztechnik und Radiowesen — Haute fréquence et radiocommunications\*)

### Zum Geleite.

Von Prof. Dr. F. Tank, Zürich.

Die Hochfrequenztechnik, als Technik der sehr raschen Wechselströme, hat weder im Maschinenbau, noch bei der Uebertragung elektrischer Energie nennenswerte Anwendung gefunden. Weder können die Umlaufzahlen mechanisch rotierender Gebilde annähernd auf die Grössenordnung der die Hochfrequenztechnik auszeichnenden Frequenzen gebracht werden, noch gestatten die verwickelten Verhältnisse der Wellenbildung die Verwendung verzweigter Leitungsnetze für die hochfrequente Energieübertragung. Wer gewohnt war, elektrotechnische Fragen in erster Linie vom Standpunkte des Energieerzeugers und Energieverbrauchers zu beurteilen, für den konnte die Hochfrequenztechnik nur ein Interesse zweiten Grades beanspruchen.

Die Entwicklung hat aber gezeigt, dass die Hochfrequenztechnik auf zwei Gebieten zu Meisterleistungen berufen ist: in der Nachrichtentechnik, insbesondere im Rundspruch, und in der elektrischen Messtechnik. Beide Erfolge verdankt sie den Vorzügen der Elektronenröhre, als deren eigentlichstes Anwendungsgebiet die Hochfrequenztechnik gelten darf. Beide Erfolge sind zu gross, als dass sie heute achtlos übersehen werden dürfen.

Wenn daher der Vorstand des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins sich entschlossen hat, im «Bulletin» vom Beginn des Jahres 1934 an regelmässig eine Spalte für Fragen der Hochfrequenztechnik und des Radiowesens zu öffnen, so werden alle diejenigen ihm Dank wissen, welche in der Allseitigkeit und Allgemeinheit der Pflege der Elektrotechnik eine wichtige Aufgabe des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins erblicken.

Manches ist versäumt worden. Wenn wir heute starke Anstrengungen zur Förderung der Hochfrequenztechnik, insbesondere des Radiobaues, in unserem kleinen Lande feststellen können, so spricht dies wohl vom Willen, noch nachträglich mit der Entwicklung Schritt zu halten. Es wird sich aber auch erweisen, wie viel schwieriger es ist, ein tragfähiges geistiges Arbeitskapital anzuhäufen, als ein materielles.

Nicht zuletzt wollen die Beiträge über Hochfrequenztechnik und Radiowesen im Bulletin helfen, Lücken zu schliessen und Interesse zu fördern. Möge diesem Bestreben eine nachsichtige Beurteilung und eine getreue Lesergemeinde zuteil werden.

### Verstärker-Klassifizierung.

621.396.64

Das «Committee on Standardisation» des amerikanischen «Institute of Radio Engineers» veröffentlichte 1931 einen ausführlichen Bericht<sup>1)</sup> über Vereinheitlichung und Präzisierung der in der Hochfrequenztechnik üblichen Bezeichnungen und Methoden. Dieser Bericht enthält u. a. eine Verstärker-Klassifizierung, die nun in Amerika allgemein eingeführt ist und deren genauere Kenntnis manchem Leser des Bulletin wohl willkommen sein mag. Die Einteilung lautet:

#### Verstärker der Klasse A (Class A Amplifier).

Ein Klasse-A-Verstärker ist ein Verstärker, der so arbeitet, dass die Kurvenform des entstehenden Anodenwechselstromes bzw. der Anodenwechselspannung der Kurvenform der erregenden Gitterwechselspannung wesentlich gleich ist.

Dies wird erreicht, indem einerseits die Gittervorspannung so eingestellt wird, dass stets noch ein Anodenstrom fliesst, und indem andererseits solche Gitterwechselspannungen

verwendet werden, dass die dynamischen Charakteristiken (Arbeitskennlinien) wesentlich geradlinig sind. Im allgemeinen soll das Gitter bei den Scheitelwerten der erregenden Gitterwechselspannung selbst nicht positive Potentialwerte erhalten, ferner der Anodenstrom bei seinen kleinsten Werten nicht so tief sinken, dass Verzerrungen infolge der Krümmungen der Charakteristiken entstehen. Als Mass für die Verzerrung dient in der Regel die Zunahme der zweiten Harmonischen (erste Oberschwingung) auf der Ausgangsseite im Vergleich zur Grundschwingung, wobei die Grenze fünf Prozent nicht überschritten werden soll.

Die Kennzeichen der Verstärker der Klasse A sind geringer Wirkungsgrad und geringe Ausgangsleistung bei sehr grossem Verstärkungsgrad der Leistung selbst.

#### Verstärker der Klasse B (Class B Amplifier).

Ein Verstärker der Klasse B ist ein Verstärker, dessen Ausgangsleistung dem Quadrate der erregenden Gitterwechselspannung proportional ist. Man erreicht dies durch Anwendung einer so grossen negativen Gittervorspannung, dass im Falle der Ruhe nur ein verhältnismässig geringer Anoden-

<sup>1)</sup> «Report of the Committee on Standardisation», Year Book of the Institute of Radio Engineers, 1931.

\*) Siehe Seite 32.