Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 25 (1934)

Heft: 23

Artikel: Ueber die Verkleinerung der Lichtbogendauer und der Lichtbogenenergie im Oelschalter

Autor: Schwager, A.C.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060183

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: 02.10.2025

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

Erdung verlangt, deren Erdwiderstand nicht mehr als 20 Ω betragen darf, so ist hiefür in der Kurve die Banddimension für einen Widerstand von

$$R = 20 \frac{10\,000}{37\,000} = 5{,}4\ \Omega$$

aufzusuchen. Für diesen Widerstand ist eine Bandlänge von *33,5 m* (30 × 3 mm² Querschnitt) notwendig. Würde dagegen der spezifische Widerstand nur 7000 $\Omega \frac{cm^2}{cm}$ betragen, so wäre ein Band für einen Widerstand von

$$R = 20 \frac{10\,000}{7000} = 28{,}5\ \Omega$$

aufzusuchen.

Hiefür käme eine Elektrode von 2,95 m Länge und 120 × 3 mm² Querschnitt in Frage.

(Fortsetzung folgt.)

Ueber die Verkleinerung der Lichtbogendauer und der Lichtbogenenergie im Oelschalter.

Von *A. C. Schwager*, San Francisco.

621.316.57.064.25

Es wird ein Oelschalter beschrieben, in welchem Lichtbogendauer und Lichtbogenenergie gegenüber dem üblichen Oelschalter verkleinert sind. Der neue Schalter hat eine den beweglichen Kontakt eng umschliessende Kammer mit geringem Oelvolumen. Die in der Kammer erzeugten Gase werden während des Abschaltvorgangs unter mässigem aber konstantem Druck aufgespeichert und wirken im richtigen Moment auf den Lichtbogen, etwa wie im Druckgasschalter. Die Berechnung eines solchen Schalters wird angedeutet und mit den Versuchsresultaten verglichen.

L'auteur décrit un interrupteur à huile dont l'arc de rupture, de moindre durée, développe une énergie plus faible que dans les types courant. Le nouvel interrupteur possède une chambre enfermant étroitement les contacts mobiles et dont le volume d'huile est très réduit. Les gaz qui se développent dans la chambre pendant le phénomène de rupture sont accumulés sous une pression modérée mais constante pour agir au moment favorable sur l'arc, de manière analogue à l'interrupteur à gaz comprimé. L'auteur esquisse le calcul d'un tel interrupteur et le compare aux résultats d'essais.

Die rasche Entwicklung auf dem Gebiete der Hochspannungsschalter klärte den Abschaltvorgang weitgehend ab. Es zeigt sich, dass im Druckgas-, Wasser- und gasgeblasenen Oelschalter eine intensive Beblasung des Lichtbogens zu dessen raschen Unterbrechung führt. Die im gasgeblasenen Oelschalter erzielte Verringerung der Lichtbogenenergie ermöglichte den Bau des ölarmen Schalters, in welchem ungeachtet des kleinen Oelvolumens die durch Stromunterbrechung stattfindende Oelverrussung kaum grösser ist als im konventionellen Oelschalter. Trotz dieser erfreulichen Resultate ist aber in diesen ölarmen Schaltern die ideale Abschaltung noch nicht erreicht; statt einer gewünschten Lichtbogendauer von einer einzigen Halbwelle befinden sich die tatsächlichen immer noch im Bereiche mehrerer Halbwellen. Die Lichtbogenenergie wurde verkleinert, was aber mehr eine Folge der Verkleinerung der Lichtbogendauer als der Reduktion der Lichtbogenspannung ist. In gewissen Fällen wird sogar versucht, die Lichtbogenenergie während der kurzen Lichtbogendauer künstlich zu vergrössern, um das zur Löschung nötig erachtete Gasvolumen zu erzeugen. Zahlenmässig kann der gegenwärtige Stand des Oelschalterbaues ungefähr durch folgenden Satz charakterisiert werden:

«Zur Unterbrechung von je 1000 kVA müssen wenigstens 0,5 kWs Lichtbogenenergie abgegeben werden [1]).»

Wird der Unterbrechungsvorgang im Oelschalter der Gasblasung zugeschrieben, so sollte seine Arbeitsweise mit der des Druckgasschalters übereinstimmen; da dieser jedoch eine halbperiodige Abschaltung mit viel kleinerer Lichtbogenenergie bewältigt als jener, so ist leicht einzusehen, dass der Oelschalter im allgemeinen und der ölarme Schalter im speziellen noch nicht am Ende der Entwicklung angelangt ist. Im folgenden soll daher ein Oelschalter beschrieben werden, in dem Lichtbogendauer und Lichtbogenenergie eine weitere Verkleinerung erfahren.

Die Betrachtungen, die zu diesem Schalter führen, folgen in einfacher Weise aus der Wirkungsweise der bekannten Löschkammer. In der Löschkammer wird das durch den Lichtbogen er-

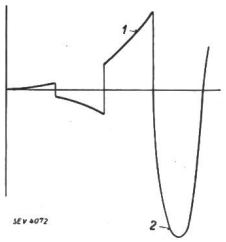


Fig. 1.
Anstieg der Lichtbogenspannung (1) in der Löschkammer.
2 Wiederkehrende Spannung.

zeugte Gas aufgespeichert, das von dem Momente an, wo der bewegliche Kontakt die Kammer verlässt, einen intensiven, durch den Lichtbogen gerichteten Gas- und Oelstrom bewirkt. Die Nachteile der Löschkammer sind genügend bekannt, so dass sie nicht in Einzelheiten hervorgehoben werden müssen. Schädlich ist in erster Linie der rasche Anstieg der Lichtbogenspannung, in Fig. 1 schematisch gezeigt, herbeigeführt durch den raschen Druckanstieg in der Kammer. Drücke von 100 kg/cm² und darüber sind keine ungewöhnliche Werte. Zweitens verhindert das grosse Oelvolumen der Löschkammer die ungestörte Ausbildung eines Gasstromes, da ein grosser Teil der in der Gasblase aufgespeicherten Energie zur Beschleunigung von Oel aufgewendet wird, was speziell bei der Unter-

[1]) Trans. AIEE, Bd. 49.

brechung kleiner Ströme nachteilig wirkt. Mit dem Erscheinen des Deion-Oelschalters hat man erkannt, dass einige cm³ Oel, wenn richtig angewandt, zur Unterbrechung vollständig genügen. Als erste Massnahme ist es daher angezeigt, eine den beweglichen Kontakt eng umschliessende Kammer mit geringem Oelvolumen zu benützen. Des weiteren muss darnach getrachtet werden, die hohen Drücke in der Kammer auszuschalten. Im speziellen wäre es wünschenswert, die in der Kammer erzeugten Gase unter mässigem, wenn möglich konstantem Druck aufzuspeichern und diese im richtigen Momente auf den Lichtbogen wirken zu lassen (entsprechend dem Vorgang im Druckgasschalter). Im folgenden sollen daher die Bedingungen aufgestellt werden, die eine Ansammlung unter konstantem Druck bewirken.

Bei gleichförmiger Kontaktbewegung wird ein unter konstantem Druck brennender Lichtbogen eine proportional mit der Zeit ansteigende Lichtbogenspannung aufweisen. Nimmt man ferner an, dass Kontakttrennung bei einem Stromnulldurchgang stattfindet und bedeutet u_t die momentene, u_1 die Lichtbogenspannung im Momente des nächsten Nulldurchganges, so ist $u_t = \frac{u_1}{\pi} (\omega t)$.

Bei gegebener maximaler Stromamplitude $I_{max} = I \sqrt{2}$ ist die bis zum Zeitpunkt t innerhalb der ersten Halbwelle freigebene Energie W_t:

$$W_t = \sqrt{2}\, I \int_0^t u_t \sin \omega t \cdot \mathrm{d}t = \frac{\sqrt{2}\, u_1 I}{\pi \omega} (\sin \omega t - \omega t \cos \omega t) \qquad (1)$$

In Fig. 2 ist der Verlauf der Lichtbogenenergie W_t bis zu $t = 2\pi$ dargestellt. Für die folgenden Untersuchungen wird W_t mit genügender Genauigkeit durch die ebenfalls eingezeichnete Funktion:

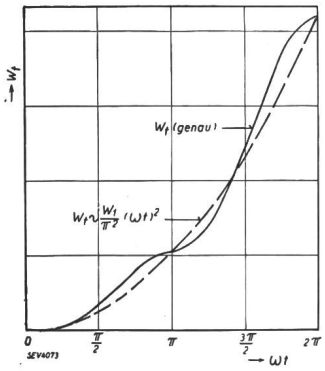


Fig. 2.
Lichtbogenenergie bei konstantem Druck.

$$W_t \sim \frac{W_1}{\pi^2} (\omega t)^2 \qquad (2)$$

dargestellt, wo W_t die während der ersten Halbwelle abgegebene Energie bedeutet. Unter Berücksichtigung der Bauerschen Konstanten B und des Verhältnisses K des heissen zum kalten Volumen der durch den Lichtbogen erzeugten Gase folgt:

$$V_t = K B W_t = \frac{K B W_1}{\pi^2} (\omega t)^2$$

als Volumen der Gase in heissem Zustand. Definiert man ferner mit V_0 das während der ersten Halbwelle erzeugte Volumen heisser Gase, so ist

$$V_t = \frac{V_0}{\pi^2} (\omega t)^2 \qquad (3)$$

Bei konstantem Druck und resultierendem mit der Zeit proportionalem Anstieg der Lichtbogenspannung wächst das totale Gasvolumen proportional dem Quadrate der Zeit. Um den bisher hypotetisch angenommenen konstanten Druck tatsächlich zu erhalten, muss offenbar das Volumen der Kammer nach dem gleichen Gesetz, das heisst proportional zu t^2 zunehmen. Eine solche Volumenzunahme wird in einfacher Weise erreicht, indem ein zylindrischer Kolben, der sich frei aus der Kammer herausbewegen kann, dem Einflusse des Gasdruckes ausgesetzt wird (siehe Fig. 3).

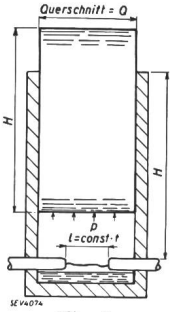


Fig. 3.
Löschkammer mit beweglichem Kolben (schematisch).

Bei Vernachlässigung des durch den beweglichen Kontakt freigegebenen Kammervolumens wird der Kolben unter dem Einfluss des konstanten Druckes gleichmässig beschleunigt; sein Weg sowie das durch seine Entfernung aus der Kammer in dieser erzeugte Volumen wachsen daher proportional mit t^2.

Bezeichnet man nach Fig. 3

H = Höhe des Kolbens,
Q = Querschnitt,
γ = Spezifisches Gewicht,
y = Weg des Kolbens,
p = Druck in der Kammer,

so ergibt sich unter Vernachlässigung des Aussendruckes und der Schwere:

$$Q H \frac{\gamma}{g} \frac{\mathrm{d}^2 y}{\mathrm{d}t^2} = \frac{V_0 (\omega t)^2}{\pi^2 y}$$

woraus folgt:

$$y = \frac{1}{\pi \omega} \sqrt{\frac{g V_0}{2 \gamma Q H}} \cdot (\omega t)^2 \qquad (4)$$

$$v = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{2 g V_0}{\gamma Q H}} \cdot \omega t \qquad (5)$$

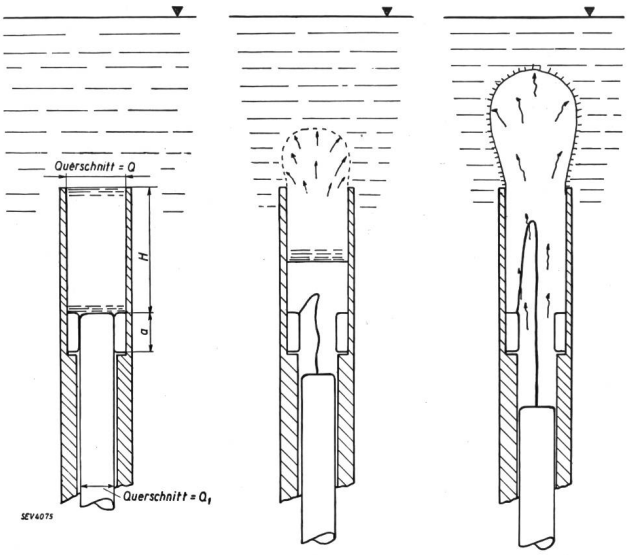
$$p = \frac{\omega}{\pi} \sqrt{\frac{2 \gamma V_0 H}{g Q}} \qquad (6)$$

Gleichung (6) zeigt, dass es möglich ist, den Druck p durch geeignete Wahl der Kolbenabmessungen H und Q und des spezifischen Gewichtes γ beliebig zu verändern. Die Zeit, die zur vollständigen Entfernung des Kolbens aus der Kammer nötig ist, folgt aus (4):

$$\omega t = \sqrt[4]{\frac{2 \pi^2 \omega^2 \gamma Q H^3}{g V_0}} \qquad (7)$$

Da ein Entweichen des unter Druck angesammelten Gases erst von diesem Zeitpunkt an möglich ist, so gibt (7) zugleich diejenige Zeit, unter welcher Löschung nicht stattfinden kann, diese erfolgt beim nächsten Nulldurchgang.

Während Fig. 3 in anschaulicher Weise die dynamischen Verhältnisse während der Unterbrechung darstellt, zeigt Fig. 4 eine schematische Darstellung einer praktischen Ausführung [2]). In



a Kammer geschlossen. *b* Gasansammlungsperiode. *c* Gasblasungs- und Löschperiode.

Fig. 4.
Arbeitsweise des Schalters.

Fig. 4a ist die Kammer in geschlossenem Zustand wiedergegeben; da sich diese unter Oel befindet, so ist der in Fig. 3 betrachtete Kolben in einfachster Weise durch einen Oelkolben über dem festen Kontakt ersetzt. Das während der Unterbrechung aus der Kammer ausgeschleuderte Oel geht in eine dreidimensionale Strömung über, so dass der grösste Teil der vom Druck aufgewendeten Arbeit zur Beschleunigung des Kolbens innerhalb der Kammer verwendet wird. Zu Beginn der Kontaktbewegung folgt das Oel zuerst dem beweglichen Kontakt, um sich erst nach Einsetzen des Lichtbogens unter dem Einfluss des inneren Druckes in entgegengesetzter Richtung zu bewegen. Die Höhe H des Oelkolbens ist daher veränderlich; da die Auswurfszeit jedoch in erster Linie durch die anfängliche Beschleunigungsperiode bestimmt ist, so gibt der in Fig. 4a eingezeichnete Wert H eine befriedigende Annäherung. Fig. 4b zeigt die Kammer während der Gasansammlung-, Fig. 4c während der Gasblasungs- und Löschperiode.

Versuche.

Zur Bestätigung dieser theoretischen Betrachtungen wurden an Kammern nach Fig. 4 Abschaltversuche ausgeführt; es seien hier nur die Resultate dieser Versuche an Hand einiger typischer Beispiele wiedergegeben.

[2]) Electr. J. 1934, S. 1108.

Fig. 5 ist das Oszillogramm einer Abschaltung eines Kurzschlusses von 3530 A bei 12,1 kV Spannung in einer Kammer mit folgenden Charakteristiken:

Oelkolben	Höhe H =	13 cm
Querschnitt	Q =	5 cm²
Kontaktquerschnitt	Q_1 =	3,6 cm²
Weg bis Kontakttrennung	a =	4 cm

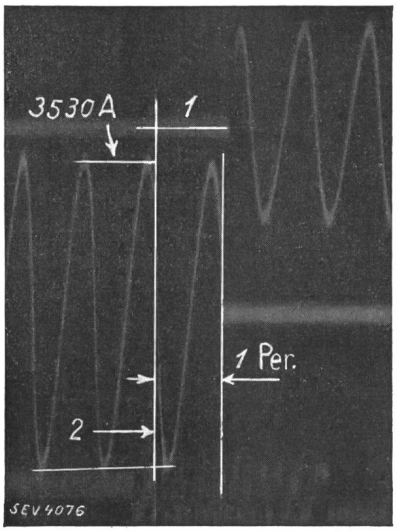


Fig. 5.
Abschaltung von 3530 A bei 12,1 kV. Oelkolben: Höhe H = 13 cm; Querschnitt Q = 5 cm². 1 Lichtbogenspannung. 2 Oeffnen der Kontakte.

Geschwindigkeit des beweglichen Kontaktes, konstant vom Zeitpunkt der Kontakttrennung v = 7,6 m/s.

Gemessen wurden:

Gasvolumen, kalt = 1280 cm³
Gasvolumen, heiss = 2560 cm³
Lichtbogenenergie = 16 kWs

Durch Berechnung ergibt sich:

Bauersche Konstante B = 80 cm³/kWs

Verhältnis: $\frac{\text{heisses}}{\text{kaltes}}$ Gasvolumen K = 2

In der ersten Halbwelle erzeugtes Gasvolumen (heiss) V_o = 640 cm³.

In erster Linie ist der erwartete lineare Spannungsanstieg gut bestätigt. Zur Abschaltung waren zwei Halbperioden nötig; die Auswurfszeit des Oelkolbens war demnach grösser als eine Halbperiode. Unter Berücksichtigung des nun bekannten Wertes V_o = 640 cm³ lässt sich die Bewegung des Oelkolbens berechnen. In Fig. 6 gibt y den Weg, v die Geschwindigkeit und p den Druck in Funktion der Zeit unter Berücksichtigung des atmosphärischen Druckes und der Kontaktbewegung. Der Kolben verlässt die Kammer kurz nach der ersten Halbwelle, so dass Unterbrechung beim zweiten Stromnulldurchgang stattfindet. Seine Geschwindigkeit zur Zeit des Austrittes beträgt 44 m/s, der konstante Druck 7,1 kg/cm². Es ist ersichtlich, dass eine befriedigende Uebereinstimmung besteht zwischen berechneter und tatsächlicher Arbeitsweise des Schalters. Bei Vernachlässigung der Kontaktbewegung und des äusseren Druckes ergeben sich aus Gleichung (4), (5) und (6) Kurven $\overline{y}$, $\overline{v}$ und $\overline{p}$, die in Fig. 6 gestrichelt eingetragen sind.

Es folgt eine beträchtliche Verkürzung der Auswurfszeit; für Ueberschlagsrechnungen sind die vereinfachten Formeln jedoch sehr nützlich und genügend genau.

Die Untersuchung wurde auch mit höheren Spannungen durchgeführt. Um mit einer einzigen

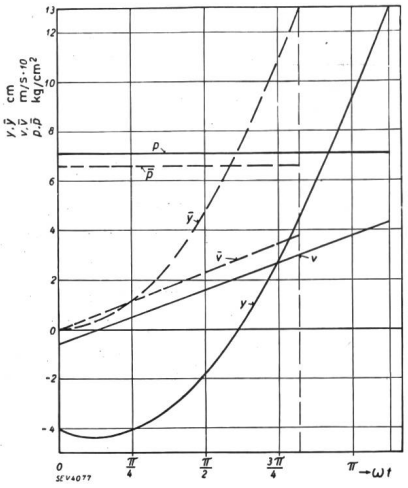


Fig. 6.

Oelkolben-Weg, -Geschwindigkeit und Kammerdruck in Funktion der Zeit.

Kammer für 100 oder 200 kV Unterbrechung in der kurzen Zeit von ein bis zwei Halbwellen zu erzielen, wären unpraktisch hohe Schaltgeschwindigkeiten nötig, um die für diese Spannungen nötigen grossen Kontakttrennungen genügend rasch zu erreichen. Wie ferner aus Fig. 6 hervorgeht, vergrössert hohe Abschaltgeschwindigkeit die Auswurfszeit des Oelkolbens. Es scheint daher vorteilhaft, bei sehr hohen Spannungen zur Mehrfachunterbrechung überzugehen. Die Prüfung eines Schalters, der mit sechs solchen Kammern versehen war, wurde auf der 115 kV-Seite des Hochspannungsnetzes der Pacific Gas and Electric Co., Kalifornien, vorgenommen. Um maximalen Kurzschlußstrom zu erzielen, wurden die Versuche auf einphasige Erdschlüsse beschränkt. Fig. 7 zeigt ein Oszillogramm einer Abschaltung von 10 000 A (einphasige Abschaltleistung 550 MVA) mit 1,1 Perioden (0,0183 s) Lichtbogendauer. Die Licht-

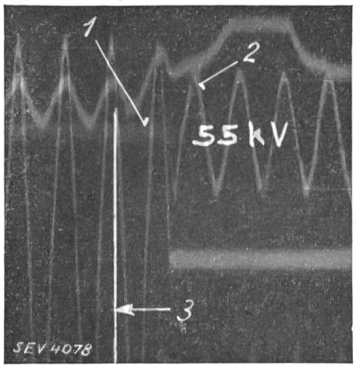


Fig. 7.

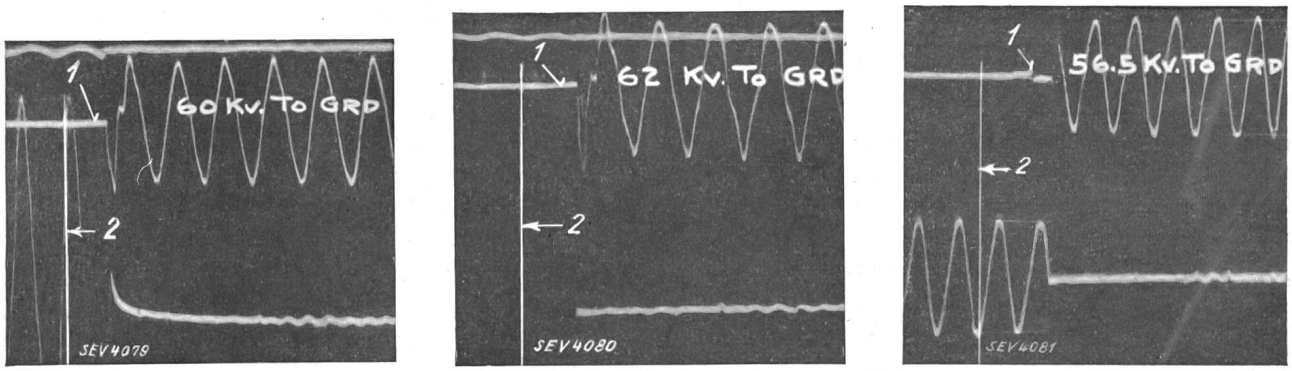
Abschaltung von 10 000 A bei 55 kV wiederkehrender Spannung in 1,1 Perioden; f = 60 Per./s.

1 Lichtbogenspannung.

2 Wiederkehrende Spannung 55 kV gegen Erde.

3 Oeffnen der Kontakte.

bogenspannung ist kaum sichtbar; das Volumen der Gase in kaltem Zustand betrug ca. 8 Liter. Fig. 8a, 8b und 8c zeigen die Lichtbogenspannung für kleinere Ströme; der ungefähr lineare Spannungsanstieg ist leicht ersichtlich. Erst bei Strömen unter 1000 A (Fig. 8c) nimmt die Lichtbogenspannung gegenüber der Netzspannung deutlich wahrnehmbare Werte an. Abschaltung der bekanntlich schwer zu unterbrechenden Ladeströme langer Leitungen geschah mit einer Lichtbogendauer von 1 Periode für 145 A und 0,9 Perioden für 230 A und zeigt deutlich, dass die durch die vollkommene Ausnützung der erzeugten Gase erzwungene Unterbrechung auch hier ohne Schwierigkeiten erfolgt. Die Tatsache, dass Ströme von etwas über 1 Prozent bis 100 Prozent des maximalen Abschalt-



a b c

Fig. 8.
Abschaltung bei kleinen Strömen.
1 Lichtbogenspannung, 2 Oeffnen der Kontakte.

	Fig. 8a	Fig. 8b	Fig. 8c
A_{eff}	6000	2470	690
kV wiederkehrende Spannung	60	62	56,5
Lichtbogendauer in Perioden	0,9	1,0	1,0

stromes im Mittel in 1,2 Perioden und mit einer 8 Liter nicht übersteigenden Gasmenge unterbrochen werden können, bringt die Wirksamkeit des Schalters über den ganzen Strombereich deutlich zum Ausdruck. Abschaltung erfolgt denn tatsächlich bis

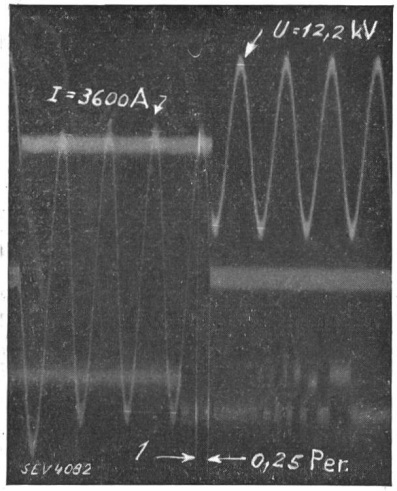


Fig. 9.

Abschaltung von 3600 A bei 12 kV, in Kammer mit kleinen Oelkolben. Höhe $H = 2$ cm, Querschnitt $Q = 1$ cm².

zu den grössten Strömen ohne anderes äusseres Merkmal als der mechanischen Bewegung des Antriebsmechanismus. Damit ist gezeigt, dass die nach der Theorie zu erwartende Verkleinerung der Lichtbogenenergie auch bei hohen Spannungen und Leistungen auftritt.

Im folgenden soll nun die erzielte Verbesserung noch einen Schritt weiter geführt werden. Wird nämlich nach Gleichung (7) die Auswurfszeit durch Verkleinerung des Faktors QH^3 kleiner als eine Halbperiode gewählt, so kann Unterbrechung schon beim ersten Stromnulldurchgang stattfinden. Zu diesem Zwecke wurde eine Kammer mit $H = 2$ cm, $A = 1$ cm² gebaut. Wird V_0 gleich dem aus dem ersten Versuch erhaltenen Werte von 680 cm³ angenommen, so folgt aus (7):

$$\omega t = 0{,}42$$

Selbst bei Berücksichtigung der Verzögerung durch die Kontaktbewegung und des äusseren Druckes tritt Gasblasung früh in der ersten Halbwelle ein und Unterbrechung findet sicher beim ersten Stromnulldurchgang statt. Ein Versuch an einer einzigen Kammer bei 12 kV ist in Fig. 9 wiedergegeben und bestätigt die erwartete halbperiodige Abschaltung. Mit einer Lichtbogenenergie von 0,4 kWs ergibt sich bei diesem Versuch ein Verhältnis $\frac{\text{kWs}}{\text{MVA}} \sim 0{,}1$.

Es zeigt sich also, dass ausserordentlich kleine Gasmengen, wenn richtig aufgespeichert, zur Unterbrechung hoher Abschaltleistungen vollkommen genügen. Damit sind zwei Hauptprobleme des Oelschalterbaues: Halbperiodige Lichtbogendauer und minimale Lichtbogenenergie und Oelverrussung, befriedigend gelöst.

Neue Glühlampen für allgemeine Beleuchtungszwecke.

Von *R. Fries*, Berlin.

621.326.7

Die Fortschritte der Glühlampentechnik in den letzten zwei Jahrzehnten führten vom reinen Wolframdraht zum Stapel und Spiral-Kristalldraht als Leuchtkörpermaterial. Dadurch wurde ermöglicht, die Doppelwendel auch in Lampen für allgemeine Beleuchtungszwecke zu verwenden und die Wirtschaftlichkeit der Lampe wesentlich zu erhöhen.

Die neuen Lampen sollen nicht mehr nach Watt, sondern nach Lumen (bzw. Dekalumen) gestaffelt auf den Markt kommen. Ueber die Zweckmässigkeit dieser Massnahme kann man in guten Treuen zweierlei Meinung sein. Wir möchten aber einem Befürworter dieser neuen Bezeichnungsweise Gelegenheit geben, seine Gründe vorzubringen. (Red.)

Les progrès réalisés au cours des deux dernières décades dans la fabrication des lampes à incandescence ont conduit du filament de tungstène simple au filament à monocristal et finalement à cristal en hélice. Ce dernier progrès a rendu possible d'utiliser le filament à double hélice pour les lampes destinées à l'éclairage général et d'améliorer sensiblement l'économie des lampes à incandescence.

La nouvelle série normale de lampes de ce dernier type sera échelonnée non plus par watts, mais par lumens (ou décalumens). On peut certes être d'avis différents sur l'utilité de cette nouvelle désignation. Nous tenons cependant à donner à un partisan du nouveau système l'occasion d'en exposer les raisons. (Réd.)

Eine der ersten Erkenntnisse — lange bevor man überhaupt brauchbare Glühlampen herstellen konnte — war die, dass die Oekonomie der elektrischen Glühlampe (Lichtausbeute) nur auf dem Wege über eine höhere Leuchtdrahttemperatur zu erreichen ist. Fast ebenso frühzeitig war bekannt, dass die Verdampfung des Leuchtkörpermaterials im Vakuum der Steigerung der Glühtemperatur bereits lange vor Erreichen des Schmelzpunktes eine natürliche Grenze setzt. Man wusste auch, dass durch die Verwendung sogenannter indifferenter Gase diese Verdampfung verzögert werden kann. Man hatte aber keine Mittel bei der Hand, den durch das Füllgas hervorgerufenen Wärmeverlust (Fortführung der Wärme, Konvektion) und die dadurch bedingte starke Abkühlung des Drahtes zu verhindern. Solange diese Probleme ungelöst blieben, war an eine Verbesserung der Oekonomie der Glühlampe durch Einführung der Gasfüllung nicht zu denken.

Bereits im Jahre 1897 — zu einer Zeit also, als an elektrischen Lichtquellen nur die Kohlenbogen- und die Kohlenfadenlampen einigermassen brauchbar entwickelt waren — wurde ein Patent [1]) genommen, in dem der Erfinder in richtiger Erkenntnis der Bedeutung des Wärmeverlustes versucht, diesen zu verkleinern. Es heisst in der Patentschrift:

«Um diesen Wärmeverlust durch Wärmeleitung zu verhindern, muss die Glasbirne mit einer zweiten Hülle um-

[1]) DRP 98 248.