

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 30 (1939)  
**Heft:** 13  
  
**Rubrik:** Diskussion

### **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>**

viele ungenügende Schalter im Betriebe sind, ohne Störungen zu veranlassen.

2. Bei *grossen Strömen*, über 1000 A oder in der Nähe der Nennabschaltleistung des verwendeten Schalters, *verliert* diese Erscheinung *jede praktische Bedeutung*.

3. Auf dem *grossen Bereich der Betriebsströme*, die für die grösste Zahl der Schaltungen wohl in Betracht kommen, ist stets der Leistungsfaktor so viel höher als im Kurzschlusskreis, dass der bei diesen Vorgängen auftretende Verlauf der wiederkehrenden Spannung so stark gedämpft ist, dass sozusagen *keine hochfrequenten Schwingungen und nur ganz ungefährliche Amplituden* entstehen können.

4. Der einzige Fall im Betriebe, der noch Bedeutung haben könnte, wo sehr steile und hohe Spannungsschwingungen möglich sind, tritt, wie allgemein bekannt ist, bei der *Abschaltung von leerlaufenden Transformatoren auf*.

Von diesen Spannungen werden neben dem Schalter selbst nur der Transformator und die aller nächsten Anlageteile der Ober- und Unterspannungsseite betroffen. Es war bisher üblich, die Transformatoren wegen der Beanspruchung durch die Sprungwellen atmosphärischen Ursprungs derart zu bauen, dass sie die Abschaltspannung ohne weiteres ertragen. Sollten irgendwo doch Schwierigkeiten auftreten, so könnte wieder das frühere Mittel des Stufenwiderstandes angewendet werden. Jedenfalls empfiehlt es sich, für Transformatoren Schalter zu verwenden, deren Löscheinrichtungen nicht überbemessen sind und ausserdem die Leer-ausschaltung auf der Unterspannungsseite vorzunehmen, wo die Leerlaufströme die höheren Werte annehmen.

5. Die *Bauart der verwendeten Schalter* spielt eine grosse Rolle auf das vorzeitige Verlöschen des Lichtbogens, obgleich im Verhalten der verschiedenen Schaltertypen keinerlei prinzipielle, sondern

nur graduelle Unterschiede vorhanden sind. Je wirksamer die Löscheinrichtung eines Schalters ist, um so grösser wird der Anstieg der Lichtbogen-spannung, um so grösser der Strom  $i_E$  und die Zeit  $t_E$  sein. Die kleinsten Werte weist der Oelschalter auf; mit ähnlichen Werten folgt der Wasserschalter und mit höheren Werten der Luftschalter.

Aus denselben Gründen ergibt sich, dass ein Schalter, der für eine höhere Nennspannung gebaut ist als die Betriebsspannung des Netzes, in welchem er verwendet wird, bei kleinen Strömen zu vorzeitiger Löschung neigt. Dasselbe ist der Fall, wenn Schalter, die für sehr hohe Abschaltleistungen bemessen sind, kleine Ströme abschalten müssen. Praktische Bedeutung erhält diese Tatsache jedoch nur bei der unter 4. erwähnten Abschaltung leerlaufender Transformatoren.

Zum Schluss möchten wir unseren verbindlichsten Dank denjenigen Elektrizitätswerken aussprechen, die uns die Vornahme solcher Untersuchungen in ihren Netzen erlaubt und zum grossen Teil bei der Durchführung mit Eifer mitgeholfen haben. Es betrifft dies in erster Linie die Schweiz. Bundesbahnen, das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich und das Elektrizitätswerk der Stadt Basel. Bei diesen Versuchen zeigte sich, dass unter Beachtung der entsprechenden Vorsichtsmassnahmen Kurzschlüsse, ohne Störungen zu verursachen, mitten im Betriebe durchgeführt werden können. Wir hoffen, dass diese Feststellung den andern grossen Werken den Entschluss zur Ausführung gleicher Versuche erleichtern wird.

Der Vorsitzende dankt Herrn Oberingenieur Puppikofer bestens für den Vortrag. Herr Puppikofer hat die Ausführungen von Herrn Dr. Wanger in schönster Weise ergänzt; er hat besonders auch das Gebiet der kleinen Ströme behandelt und ist damit auf eine sehr aktuelle Frage eingetreten.

Der Vorsitzende eröffnet die

## Diskussion

in der vielleicht u. a. folgende Punkte zur Sprache kommen sollten: die Einführung einer Bestimmung über die wiederkehrende Spannung in die Vorschriften für Schalter, die direkte Prüfmethode und die Wahl der Schalter in Abhängigkeit von der Eigenfrequenz.

Herr Dr. A. Roth, Direktor der Sprecher & Schuh A.-G., Aarau: Es freut mich, dass die Frage der indirekten Prüfmethode zur Diskussion gestellt wurde. Sie ist schon lange mein Steckenpferd. Untersuchungen über die Möglichkeiten, Schalter ohne grosse Kurzschlusshäuser zu prüfen, wurden gemacht in Italien, in Holland, in Deutschland. Die Frage muss gelöst werden. Man braucht heute zur Schalterprüfung 10- oder 20mal zu grosse Maschinen. Die Maschine sollte eigentlich nur die Lichtbogenleistung liefern müssen. Die ganze Sache kommt einem noch irgendwie unheimlich vor. Wir dürfen Herrn Dr. Wanger zu seinen initiativen Untersuchungen gratulieren. — Die Frage der wiederkehrenden Spannung in Vorschriften aufzunehmen ist verfrüht. In 5 oder 10 Jahren darf man vielleicht daran denken.

Herr Dr. W. Wanger, Referent<sup>1)</sup>: Herr Dr. Roth hat in der Diskussion sehr anerkennende Worte für die bei meiner Firma durchgeführten Forschungen über «indirekte» Schalterprüfungen gefunden. Er beurteilt aber diese Prüfmethode

m. E. viel zu optimistisch, so dass es mir unbedingt nötig scheint, einzelne seiner Behauptungen, oder besser gesagt: Erwartungen, mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Versuchsergebnisse zu widerlegen. Wenn ich an der Versammlung selber Herrn Dr. Roth nichts erwidert habe, so deswegen, weil eine Diskussion über dieses Thema gar nicht möglich war, nachdem man mich durch Beschränkung der Redezeit genötigt hatte, den betreffenden Abschnitt meines Vortrages wegzulassen.

Herr Dr. Roth hat darauf aufmerksam gemacht, dass Kurzschlussstrom und wiederkehrende Spannung nicht zu gleicher Zeit vorkommen und dass es daher unverantwortlich sei, die Kurzschlussleistung der Prüfanlage gleich dem vollen Produkt aus Kurzschlussstrom und wiederkehrender Spannung zu wählen. Da gleichzeitig mit dem Kurzschlussstrom nur die Lichtbogenleistung aufgebracht werden müsse, würde eine vielleicht 20mal kleinere Spannung der Anlage genügen. Man könnte daraus schliessen, dass man durchweg mit 20mal kleinerer Maschinenleistung, als man bisher für erforderlich hielt, einen Schalter vollwertig prüfen könnte. Aber so extrem liegen denn die Verhältnisse doch nicht.

Zunächst einmal ist die Lichtbogenleistung nicht durchweg nur  $\frac{1}{20}$  der wiederkehrenden Spannung, sondern sie erreicht bei gewissen Schaltertypen sogar die gleiche Grössenordnung wie die wiederkehrende Spannung. Sodann genügt eine treibende Spannung, die nur gleich der Lichtbogen-span-

<sup>1)</sup> Beitrag nachträglich schriftlich eingesandt.

nung ist, bei weitem nicht, um den gleichen Stromverlauf zu erzwingen wie bei einem normalen Abschaltversuch. Das zeigt sehr deutlich Fig. 22 meines Vortrages. Obwohl dort die treibende Spannung nicht auf  $\frac{1}{20}$ , sondern nur auf  $\frac{1}{6}$  der wiederkehrenden Spannung reduziert worden war, weicht der Verlauf des Stromes und der Lichtbogenspannung derart vom Verlauf beim normalen Versuch ab, dass von gleichwertiger Beanspruchung des Schalters keine Rede sein kann. Eine wesentliche Reduktion der treibenden Spannung kommt also nur bei solchen Schaltertypen in Frage, die eine sehr kleine Lichtbogenspannung aufweisen.

Eine andere Einschränkung erfährt die Anwendungsmöglichkeit der indirekten Methode infolge der Rückwirkung der Schalter auf den Verlauf der wiederkehrenden Spannung. Betrachten wir einen Schalter, der den in Fig. 10 dargestellten Schwingungsverlauf des Netzes gemäss Fig. 12 umformt und im oberen Teil dieser Figur erst nach Verlauf von ca. 200  $\mu$ s rückzündet. Eine kurze Stosswelle, wie sie in Fig. 20 gestrichelt eingetragen ist, würde für diesen Schalter überhaupt keine Beanspruchung bedeuten. Aber selbst, wenn man ihn mit einer kräftigen Stosswelle von 25  $\mu$ s Halbwertdauer prüfen würde (ausgezogene Kurve in Fig. 20), so würde dieser Stosswelle einfach die Spitze abgeschnitten; sie wäre aber viel zu kurz, um eine Rückzündung zu verursachen. Der Schalter würde also die indirekte Prüfung glänzend bestehen, während er bei der richtigen Prüfung tatsächlich versagt.

Man wird einwenden, dass man eben die indirekte Prüfung mit einer längeren Stosswelle durchführen müsse. Aber man muss sich auch klar werden, was das bedeutet. Nicht mehr und nicht weniger als einen gewaltigen Aufwand für die Kondensatoren des Stossgenerators! Denn es handelt sich eben hier nicht um eine Stossprüfung von Isolatoren, wo man ohne grosse Kosten die Welle auch ein bisschen länger haben kann; sondern hier ist parallel zum Schalter

die niedrige Impedanz des Kurzschlussgenerators angeschlossen, durch die eine sehr grosse Elektrizitätsmenge abgeleitet wird, wenn der Stoss längere Zeit dauern soll. Die Prüfanlage wird daher auch für die indirekte Methode ziemlich teuer, wenn man die Schalter richtig prüfen will.

Eine wesentliche Ersparnis lässt sich mit der indirekten Methode nur für ganz bestimmte Schaltertypen erzielen, die eine sehr kleine Lichtbogenspannung haben, den Verlauf der wiederkehrenden Spannung sehr wenig beeinflussen und unter keinen Umständen erst nach längerer Verzögerung rückzündet. Ferner muss die Lichtbogendauer äusserst kurz sein, damit der Spannungsschoss nur einmal auf den Schalter geleitet werden muss. Aber selbst wenn alle diese Bedingungen erfüllt sind, so bedeutet der indirekte Versuch immer noch nicht genau dasselbe für den Schalter wie ein direkter Versuch. Das äusserte sich bei unsern Versuchen insbesondere durch eine sehr grosse Streuung der Versuchsergebnisse.

Man kann also wirklich nicht behaupten, dass man im Leistungsbereich bestehender Schalterprüfanlagen ebensogut eine indirekte Prüfung durchführen könne. Dagegen im Bereich von 1 bis 2 Millionen kVA symmetrischer Abschaltleistung, für den keine Schalterprüfanlagen bestehen und für den auch niemand daran denkt, eine solche zu bauen, wird man um die indirekten Methoden froh sein. Denn das ist klar, dass ein indirekter Versuch mit geeigneter Zusatzspannung dem direkten Versuch mit voller Leistung bedeutend näher kommt als ein gewöhnlicher Versuch mit einem kleinen Bruchteil der Spannung.

Der **Vorsitzende** verdankt die interessanten Diskussionsbeiträge bestens. Gerne hätte er noch gehört, wie man sich zur Wahl der Schalter unter Berücksichtigung der Eigenfrequenz stellt; da aber niemand mehr das Wort ergreift, gehen wir zu den Referaten der Herren Werkvertreter über.

(Fortsetzung folgt, siehe Fussnote 1 auf Seite 321.)



## Schweizerische Landesausstellung 1939 Zürich — Exposition Nationale Suisse 1939 Zurich

### Der Stossgenerator von 2 Millionen Volt.

Von A. Métraux, Basel.

621.313.12 : 621.3.015.33

Im Höchstspannungsraum der Abteilung Elektrizität der Landesausstellung steht ein Stossgenerator für 2 000 000 V der Emil Haefely & Cie. A.-G. Basel, welcher für das Hochspannungsprüffeld der Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich-Oerlikon, bestimmt ist. Dieser Stossgenerator erzeugt u. a. die Blitze, mit denen die Blitzversuche am Modell gemacht werden, siehe Bull. SEV 1939, Nr. 12, S. 310.

Die Anlage besteht aus 16 Kondensatoren zu je 0,105  $\mu$ F und einer normalen Spannung von 125 kV<sub>-</sub>. Für besondere Versuche können die Kondensatoren bis 140 kV<sub>-</sub> aufgeladen werden. Die einzelnen Kapazitäten sind als Oelpapier-Kondensatoren in Bakelitzylindern ausgeführt und mit passenden isolierenden Zwischenstücken zu 4 Säulen zusammengebaut. Die Kondensatoren werden nach der Schaltung von Marx über Metallwiderstände parallel miteinander verbunden. Die Kopplungsfunktrecken für die Serieschaltung sind zentral nach innen zwischen den 4 Säulen angeordnet; je eine Kugel ist fest mit dem entsprechenden Pol eines Kondensators verbunden, die andere an einer zentralen Achse aus Isoliermaterial befestigt. Die Einstellung des Abstandes aller Kopplungsfunktrecken erfolgt durch Drehen der gemeinsamen Welle aus Isoliermaterial mit Hilfe eines elektro-

motorisch gesteuerten Gabel-Spindelantriebes. In Serie zu den Kopplungsfunktrecken liegt je ein

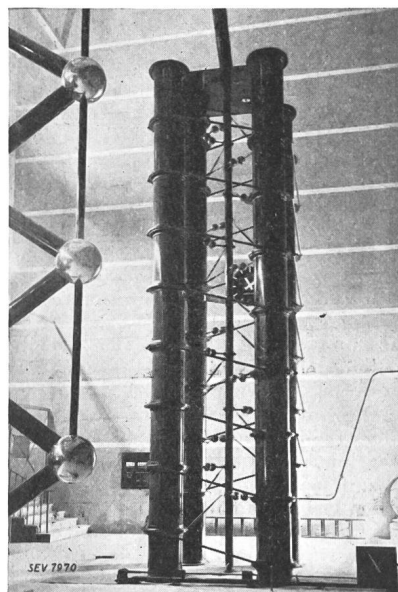


Fig. 1.  
Stossgenerator  
2 Millionen Volt.

Widerstand zur Dämpfung hochfrequenter innerer Schwingungen des Generators bei der Entladung.