

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 22 (1931)
Heft: 25

Artikel: Vakuumschalter
Autor: Wiedammann, K.A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1058609>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.01.2025

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

den Scheitelwert annehmen, sondern sie wird sich infolge der vorhandenen Netzkapazität auf diesen Wert einschwingen, wobei Spannungserhöhungen über den Normalwert hinaus entstehen. Das in Fig. 14 wiedergegebene Kathodenstrahlzillogramm zeigt den Verlauf der Spannung während und nach einer Kurzschlussabschaltung. Wie man ersieht, tritt die Spannungsbeanspruchung der Lichtbogenstrecke mit einer Zeitverzögerung auf, welche um so grösser wird, je kleiner die Eigenfrequenz des Netzes ist. Während dieser Zeitspanne werden die heissen Lichtbogengase entionisiert; je mehr die Entionisierung fortgeschritten ist, um so grössere Spannungen sind notwendig, um ein Wiederzünden einzuleiten.

In Oelschaltern wird die Beeinflussung des Abschaltvorganges besonders ausgesprochen, wenn die Eigenfrequenz weniger als 1000 Per./s ist. In weit ausgedehnten Hochspannungsnetzen wird diese Frequenz nicht nur erreicht, sondern meistens unterschritten. Demgegenüber weist die Hochleistungsversuchsanlage Eigenfrequenzen bis 25 000 Per./s auf. Diese verhältnismässig hohen Zahlen haben ihre Ursache in der Verwendung von sehr kurzen Leitungen einerseits und in den kleinen Streuinduktivitäten von Generator und Transformator andererseits. Unter solchen Umständen erreichen die Abschaltlichtbogen eine in den Netzen nur selten zu erwartende Länge oder Dauer. Die Folge davon ist, dass auch die während der Abschaltung entwickelte Gasmenge und der damit im Zusammenhang stehende Druck im Schalter die denkbar ungünstigsten Werte annehmen. Oelschalter, die auf Grund von Versuchen in der Hoch-

leistungsversuchsanlage durchentwickelt wurden, weisen somit einen Oeffnungsweg der Kontakte sowie eine Druckfestigkeit auf, welche bei den spätern Beanspruchungen nie voll ausgenützt werden.

Aehnlich liegen die Verhältnisse bei den öllosen Schaltern. Auch diese Apparate arbeiten in der Hochleistungsversuchsanlage viel ungünstiger als an ihrem nachherigen Aufstellungsort in den Netzen. So stieg z. B. die Abschaltfähigkeit eines Druckluftschalters auf das 2,6fache, als durch Zuschalten von Kondensatoren parallel zu den Kontakten die Eigenfrequenz der Anlage von 18 600 Per./s auf 7200 Per./s vermindert wurde. Die verwendete Kapazität der Kondensatoren entsprach derjenigen einer etwa nur 10 km langen Freileitung.

Ein weiterer, die Abschaltung im Betrieb begünstigender Einfluss ist das Vorhandensein der Netzlast. Diese hat eine ähnliche Wirkung wie die früher viel verwendeten niederohmigen Stufenwiderstände zur Verminderung der Oelschalterbeanspruchungen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Abschaltungen in der Hochleistungsversuchsanlage die schärfsten Anforderungen an die Apparate stellen. Diese Prüfung kann somit als das vollwertigste Kriterium über die Zuverlässigkeit eines Schalters bezeichnet werden. Der angeführte günstige Einfluss der Netzkapazität und der Belastung auf den Abschaltvorgang stellt für den Betriebsleiter eine wesentliche zusätzliche, von Fall zu Fall wechselnde Sicherheit dar.

Vakuumschalter.

Von K. A. Wiedemann, Dipl.-Ing., Berlin.

Der Autor gibt einen Ueberblick über die Entwicklung der Vakuumschalter, das sind Schalter, welche den Strom in Vakua von 10^{-4} bis 10^{-6} mm Hg unterbrechen, wobei er anhand der Patentschriften besonders auch die bekanntgegebenen konstruktiven Einzelheiten berücksichtigt.

L'auteur donne un aperçu sur le développement des interrupteurs dans le vide, c'est-à-dire des appareils qui coupent le courant dans le vide de 10^{-4} à 10^{-6} mm de mercure, en tenant particulièrement compte des détails de construction publiés dans les exposés d'invention des brevets récents.

621.316.512.064.24

Zur Verringerung bzw. Unterdrückung des Schaltfeuers an Kontakten kommen im wesentlichen Vergrößerung der Schaltgeschwindigkeit, Anordnung der Kontakte in Medien, die das Entstehen des Schaltfeuers erschweren, sowie Verwendung besonderer Kontaktmaterialien in Frage. Diese Massnahmen dienen zur Verhinderung der Ionisation der Schaltstrecke. Durch Anordnung der Kontakte in indifferenten Gasen oder in hohem Vakuum wird überdies eine Oxydation der Kontakte verhindert. Schon 1923 wurde von den Siemens-Schuckert-Werken angegeben, dass statt der gebräuchlichen Wolframkontakte auch andere Metalle verwendbar seien, sofern sie einen hohen Schmelzpunkt und niederen Dampfdruck aufweisen. Die erste Forderung ist bedingt durch die freiwerdende Wärme des Oeffnungslichtbogens, die bei

Vakuumschaltern nicht oder nur zum geringen Teil abgeleitet wird. Niederer Dampfdruck des Kontaktmaterials ist erforderlich, um bei dem äusserst niederen Absolutdruck des die Kontakte umgebenden Vakuums ein Verdampfen der erwärmten Kontaktteile zu verhindern, da der Metalldampf zu einer Ionisation der Schaltstrecke und weiter zu einem den Schalter zerstörenden Stehlichtbogen führen würde.

Durch Versuche der Birka A. B. in Stockholm wurde gefunden, dass durch in das Vakuum eingebrachte Phosphor- oder Chlorverbindungen eine Bindung der beim Schaltfunken freiwerdenden Elektronen durch die Halogene erfolgt, so dass hierdurch ein stabiler Zustand im Vakuum entstehe. Im übrigen ist die Einbringung von Halogenverbindungen in die Kolben bei der Glühlampen-

herstellung zu ähnlichen Zwecken allgemein bekannt.

Nicht nur der Metaldampf, sondern auch die im Metall eingeschlossenen Gasreste können bei der Kontakterhitzung dem Vakuum schädlich werden. Koch und Liellenfeld schlugen vor, die Kontakte des fertig zusammengebauten Schalters während des Evakuierens durch Elektronenbombardement derart zu erhitzen, dass sie entgast werden und somit später im Betrieb keine unerwünschte Gasbildung auftritt. Als Kontaktmaterial war Wolfram, Tantal oder Molybdän angegeben.

Einen anderen Weg ging die Metropolitan Vickers Electrical Co. Ltd. in Westminster, die Kontakte aus gasabsorbierendem Material, wie Cer oder Magnesium, verwendet und überdies noch zur Bindung von Metallgasen in den Schalter Calcium oder Magnesium einbringt. Von grosser Wichtigkeit sind die Angaben über Kontaktmaterial, die Millikan und Sørensen machten, wonach auch Kupferkontakte verwendbar sind, allerdings unter vorhergehender Erhitzung im Vakuum und gleichzeitiger Entgasung.

Die Angaben über die bei den bisher gebauten Schaltern angewandten Vakua schwanken zwischen 10^{-4} und 10^{-6} mm Quecksilbersäule. Bis zu Spannungen von 42 000 V ist nach Angabe von Sørensen Unabhängigkeit der Schalter von der abzuschaltenden Spannung zu beobachten gewesen.

Die Konstruktionen der Schalter haben sich in zwei Richtungen entwickelt, nämlich zu Schaltern, bei denen die im Vakuumgefäss liegenden beweglichen Schaltteile durch magnetische Kraft bewegt werden, also indirekt betätigte Vakuumschalter, und Schalter, bei denen die Schaltbewegung durch einen elastischen Teil der Gehäusewandung auf die Kontakte direkt übertragen wird.

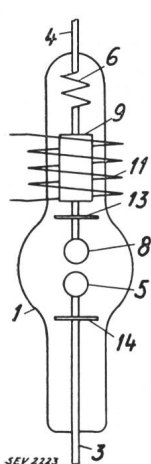


Fig. 1.

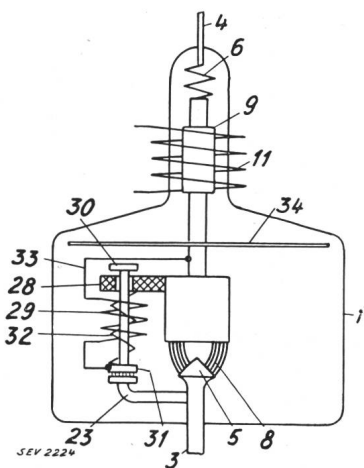


Fig. 2.

In Fig. 1 und 2 sind schematisch zwei Ausführungsformen von Vakuum-Hochleistungsschaltern dargestellt, die von der Metropolitan Vickers Electrical Co. Ltd., Westminster, im Jahre 1923 gebaut wurden. Schalter und Schaltkontakte sind in einem Glaskolben eingeschlossen, der ein Vakuum von weniger als 10^{-5} mm Hg aufweist. Die Stromzu-

führungen 3 und 4 sind in die beiden Enden des Glaskolbens 1 eingeschmolzen. In Fig. 1 ist der feststehende Kontakt mit 5 bezeichnet. Der bewegliche Kontakt 8 steht unter der Wirkung der Feder 6, die zugleich als Stromzuführung dient. Mit dem Kontakt 8 ist ein Kern 9 fest verbunden, der durch die Magnetspule 11, die sich ausserhalb des Glaskolbens befindet, angezogen werden kann und dann die in der Zeichnung angenommene Ausschaltstellung einnimmt. Zwei Schirmplatten 13 und 14 sind an den Kontaktstangen angebracht. Diese Platten enthalten gasabsorbierende Stoffe, wie Calcium, Magnesium oder Phosphor. Die Kontakte selbst enthalten ebenfalls gasabsorbierende Stoffe, wie Cer oder Magnesium. Durch diese Wahl der Stoffe für die beiden Platten 13 und 14 sowie für die Kontakte 5 und 8 gelingt es, die geringen Gas Mengen, die beim Oeffnen des Schalters entstehen, zu binden, so dass eine Beeinträchtigung des Vakuums, auch eventuell durch Ionisation, verhindert wird, und kein Funkenziehen beim Oeffnen der Kontakte eintritt.

In Fig. 2 ist parallel zu den Hauptkontakten 5 und 8 ein Paar Nebenkontakte 23 und 31, die als Funkenzieher wirken, angeordnet. Der feststehende Hauptkontakt 5 ist kegelförmig und der bewegliche Gegenkontakt 8 ist als federnde Bürste ausgebildet. Der unter der Wirkung einer Feder 32 stehende bewegliche Nebenkontakt 31, der in dem Isolierstück 28 an dem beweglichen Hauptkontakt gehalten ist, steht mit dem einen Ende der Magnetspule 29 in Verbindung, deren anderes Ende mit dem beweglichen Hauptkontakt durch die Leitung 33 verbunden ist. Der Arbeitsvorgang ist folgender: Beim Oeffnen des Schalters durch Einschalten der Magnetwindungen 11 wird zwar der bewegliche Kontakt 8 abgehoben, aber der Kontakt 31 bleibt noch unter der Wirkung der Feder 32 geschlossen. In dem Moment, in dem jedoch der gesamte Strom nur noch durch den Nebenkontakt 31 fliesst, erregt dieser Strom auch das Feld der Spule 29, und der Kontakt 31 wird in derselben Weise wie der Hauptkontakt geöffnet. Nach Unterbrechung des Stromes zieht die Feder 32 den Hilfskontakt wieder in die Einschaltstellung, die durch den Anschlag 30 gegeben ist, so dass beim Einschalten zuerst der Hilfskontakt geschlossen wird und erst dann der Hauptkontakt. Eine Schirmplatte 34 enthält gasabsorbierende Stoffe.

Von der Firma Scherbius & Ritter, Berlin-Wannsee, wurden Vakuumschalter für besonders hohe Leistungen gebaut (Fig. 3). Die Betätigung der Kontakte kann nach Angabe der Firma entweder durch elastische Verschiebung der Gehäusewand oder durch magnetische oder durch elektrische Kräfte, wie z. B. durch im Vakuum einander gegenüberstehende Kondensatorplatten erfolgen. Die Kontakte selbst bestehen aus Wolfram, Molybdän oder Tantal und sind auf Kontaktträger aus Kupfer, Eisen, Nickel oder Tantal aufgeschmolzen. Bei dieser Konstruktion wurde insbesondere darauf Rücksicht genommen, dass etwaige Oeff-

nungslichtbogen nicht auf andere Teile des Schalters übergreifen können. Zu diesem Zweck wurde die Umgebung der Kontakte möglichst gut abgeschlossen. Ein Schutzrohr 9 umgibt die Kontakte 7, 8 und wird durch Schutzkappen 10, 11, die auf den Kontakträgern 12, 13 befestigt sind, gegen den Vakuumkolben 1, mit den Einschmelzstellen 2, 3 abgeschlossen. Die federnde Stromzuführung 4 zu dem beweglichen Kontakt 7 trägt den Kern 5, durch den mittels der Magnetspule 6 der Schalter betätigt wird.

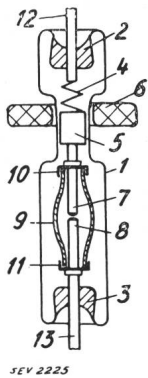


Fig. 3.

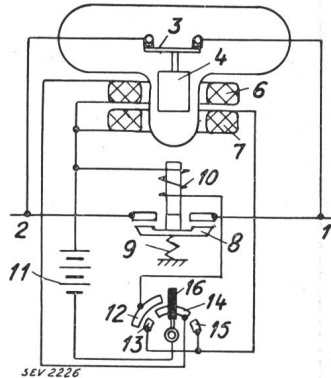


Fig. 4.

Die Siemens-Schuckert-Werke haben in der Erkenntnis, dass langanhaltender Stromdurchgang für die bisher gebauten Vakuumschalter nicht zuträglich ist, da die Wärmeabfuhr aus den Schaltern gewisse Schwierigkeiten bereitet, eine Schalterkombination gebaut, die aus parallel zueinander liegendem Vakuum- und Magnetschalter normaler Bauart besteht (Fig. 4). Der Vakuumschalter wird nur zur Uebernahme des Ein- und Ausschaltvorgangs verwendet. Mit einer Hilfsschaltvorrichtung werden die einzelnen Schaltvorgänge zwangsläufig gesteuert. Im Zuge der Leitung 1, 2 liegen zueinander parallel der Schalter 8 und der Vakuumschalter 3. Der Schalter 8 wird durch den Magnet 10 eingeschaltet und durch die Feder 9 geöffnet. Der Schalter 3 mit seinem Magnetkern 4 wird durch Einschalten der Spule 6 geschlossen und durch Ausschalten derselben und gleichzeitiges Einschalten der Spule 7 geöffnet. Der Einschaltvorgang ist folgender: Der Relaischalter 16 liegt auf Kontakt 15, beide Hauptschalter 3 und 8 sind offen. Der Schalter 16 wird nach links gelegt, durch Einschalten des Kontakts 14 die Spule 6 an Spannung gelegt und dadurch der Vakuumschalter 3 eingeschaltet. Bei weiterer Bewegung des Schalters 16 wird der Kontakt 12 eingeschaltet und durch die Spule 10 entgegen der Kraft der Feder 9 der Schalter 3 parallel zu dem Vakuumschalter eingelegt. In der Endstellung des Schalters 16 ist Kontakt 14 aus- und Kontakt 13 eingeschaltet, desgleichen Kontakt 12; die Spule 6 wird spannungslos, Spule 7 wird eingeschaltet, wodurch der Vakuumschalter abgeschaltet wird und nur noch der mechanische Schalter 8 in der Leitung liegt. Beim Ausschalten wiederholen sich die einzelnen Phasen in umgekehrter Reihenfolge. Bei grossen Leistungen kann es er-

forderlich sein, sowohl den Schalter 8 als auch den Vakuumschalter in einer Kühl- oder Isolierflüssigkeit anzuordnen.

Im Jahre 1926 wurde der von Millikan und Sørensen gebaute Schalter nach Fig. 5 bekannt. In einem Glaskolben 2, dessen Vakuum mindestens 10^{-4} mm Hg aufweisen muss und dessen Einzelteile bei hoher Temperatur entgast sind, ist der Festkontakt 5, 7 mit einer zum Auffangen etwa durch Schaltfeuer abgeschleuderten Kontaktteilchen versehenen Schirmkammer 21, an der eingeschmolze-

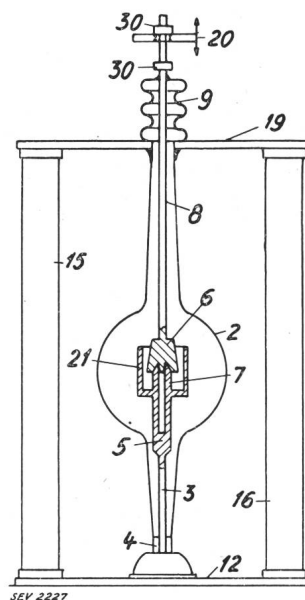


Fig. 5.

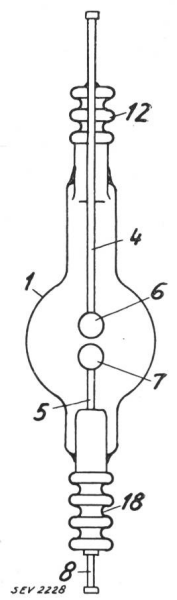


Fig. 6.

nen Stromdurchführung 3, 4 angebracht. Der bewegliche Kontaktteil 6 mit dem Führungsteil ist durch die Kontaktstange 8 mit dem elastischen Metallstiefel 9 verbunden, der in das Glasgefäss eingeschmolzen ist. Der Glaskolben 2 ist zwischen den Traversen 12 und 19 auf den Isolatoren 15 und 16 gelagert. Die Betätigung des Schalters erfolgt durch den Hebel 20, der zwischen den beiden Anschlagstücken 30 des beweglichen Kontakts verschiebbar ist.

Der in Fig. 6 gezeigte Schalter ist von der Cie. française pour l'Exploitation des procédés Thomson Houston, Paris, im Jahre 1929 gebaut worden. Die Schaltbewegung wird mit dem Teil 8 der Kontaktstange 5, die mit dem Metallstiefel 18 verbunden ist, ausgeführt. Damit aber beim Schliessen der Kontakte 6 und 7 durch die Kontaktstange 4 eine gefährliche Erschütterung des Kolbens vermieden wird, ist auch dieser Kontaktträger mittels des Metallstiefels 12 gegenüber dem Glasgefäss

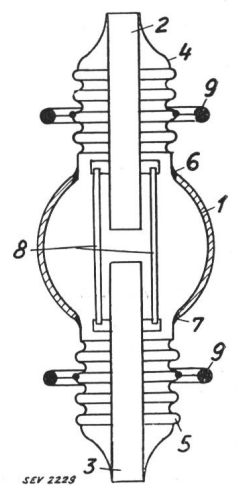


Fig. 7.

élastisch gelagert. Als Kontaktmaterial dient bei hoher Temperatur entgastes Molybdän. Beim Evakuieren des Schalters werden die Kontakte durch Hochfrequenzströme und durch Elektronenbombardement erhitzt und entgast. Das Vakuum soll niedriger als 10^{-5} mm Hg sein. Von Interesse ist, dass zum Abschalten von 50 kV Wechselspannung nur eine Entfernung der Kontakte von 25 mm erforderlich ist.

In der Erkenntnis, dass die Schaltstöße die Einschmelzstellen der Metallstiefel in den Glaskolben mechanisch sehr schädlich beanspruchen, haben die Siemens-Schuckert-Werke für derartige Vakuum-Schalter Stossdämpfer gebaut (Fig. 7). In dem Glaskolben 1 sind bei 6 und 7 die aus Well-

rohr hergestellten Metallstiefel 4 und 5 eingeschmolzen. An jedem der beiden Stiefel ist nun ein Metallring 9 starr angebracht, der eine grosse Massenträgheit besitzt, so dass die Schaltstöße sich nur bis zu jedem dieser Ringe fortpflanzen können und dort abklingen. Die Kontakte 2 und 3 gleiten zur besseren Führung in Isolierstücken 8, damit sie sich koaxial bewegen.

Literatur.

- JAIEE 1926, Nr. 12, S. 1203/12.
 Physical Review, Bd. 15, 1920, S. 239/40.
 Physical Review, Bd. 27, 1926, S. 51/67.
 Schweizerische Patentschriften 133 032, 133 035.
 Französische Patentschriften 626 633, 671 901, 676 966.
 Deutsche Patentschriften 291 815, 407 725, 437 982.
 Englische Patentschrift 213 891.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Une étincelle jaillit . . . 614.8

Le 10 avril 1930 un ingénieur suisse est entré en contact avec une installation à haute tension, aux environs de Bâle. Les accidents de ce genre sont toujours possibles et ne présentent pas a priori l'intérêt qui justifie la publication dans une revue technique. Seulement les expériences de cet ingénieur sont de nature à intéresser un public plus vaste que le cercle de ses amis. Aussi les lecteurs du «Bulletin» voudront-ils agréer un exposé sortant du cadre habituel des publications de ce périodique.

Le récit que l'ingénieur en question a donné de cet accident est le suivant:

«J'étais occupé à des essais de marche en parallèle d'un nouveau transformateur 45 000/13 500 V avec deux autres transformateurs d'une station alimentant entre autre un réseau étendu de lignes aériennes à 13 500 V. Ensuite d'une défectuosité, un ampèremètre de laboratoire avait dû être mis au potentiel de l'installation 13 500 V. Sans savoir que cet ampèremètre était sous tension et en me tenant sur un des rails de transport du transformateur 45 000/13 500 V enrobé dans du béton, j'étendis la main droite pour le mieux placer. A ce moment j'éprouvai un coup formidable entre les épaules tel un coup de massue. Il me sembla que mes organes avaient tous été détachés les uns des autres. Le cerveau travailla avec une netteté farouche me permettant de réaliser que je venais de mettre une des phases 13 500 V à la terre. A l'endroit du cœur j'éprouvai un serrement accompagné d'un semblant de craquement comme lorsqu'on serre une boule de neige. Quant à mon corps je ne le sentis plus. Au contraire je crus exister sous forme d'ellipsoïde rempli de gaz jaune clair avec une espèce de pelure comme celle d'une pomme. Cet ellipsoïde était immobile dans l'espace et gardait son poids tout en augmentant de volume. Il se trouvait au niveau de mes épaules, son grand axe étant parallèle à celles-ci, et il enveloppait le haut du corps. En même temps j'avais l'impression qu'une force de résistance inaccoutumée, une espèce de volonté tangible était déclenchée en moi ou plutôt dans cet ellipsoïde.

Mais tout cela ne dura pas longtemps. La couleur jaune claire s'obscurcit et à la place de l'ellipsoïde ce fut une forme indéfinissable un peu comme une île sortant des eaux qui prit corps en moi. J'étais encore sous l'impression de cette forme indéfinissable me rendant un peu mal à l'aise lorsque je constatai que j'étais couché par terre à deux ou trois mètres de l'ampèremètre et que j'avais la main droite en partie assez brûlée. J'éprouvai un vif besoin de respirer qui me fit me lever et gagner la porte de la salle des machines, accompagné du personnel technique occupé aux mêmes essais.»

Les observations faites par ce personnel se résument à ceci: Le courant dangereux se manifesta par un arc électrique long de 30 cm environ qui dura quelques fractions de seconde. La victime poussa deux soupirs profonds avant

de toucher par terre et un autre après. La marque du courant pouvait être constatée sur l'extérieur de l'ampèremètre et sur le rail de transport.

Après quelques soins médicaux nécessités par la brûlure à la main droite et par une autre brûlure découverte au talon du pied gauche, l'ingénieur termina les essais et rentra sain et sauf chez lui. Le lendemain et le surlendemain il eut pendant la nuit, soit trente six et soixante heures après l'accident, des douleurs violentes au genou gauche pendant près de deux heures chaque fois sans qu'il y eût trace de la cause de ces douleurs. La brûlure à la main fut guérie environ quinze jours après l'accident et celle au pied peut-être seulement un an après, sans que pour cela l'ingénieur fût empêché de vaquer à ses occupations journalières.

Ch. Richard.

Accidents de l'Electricité en France¹). 614.8

Dans son article «Accidents de l'Electricité» M. A. Zimmern, professeur agrégé de la Faculté de Médecine, Paris, touche des questions qui intéressent depuis longtemps, non seulement le monde technique mais aussi le grand public. L'auteur donne d'abord un aperçu étiologique, dans lequel il mentionne comme premières causes des accidents l'imprudence et l'ignorance des victimes. Il se base sur la statistique des accidents survenus en France, publiée par le Ministère des Travaux Publics. Pourtant M. Zimmern doit avouer lui-même que cette statistique n'est pas complète puisqu'elle ne concerne que les accidents survenus dans les installations de distribution. Ainsi en 1928 le nombre des accidents survenus et enregistrés officiellement en France fut de 1733 avec 274 personnes électrocutées. Pour compléter la statistique il faudrait selon l'auteur y ajouter toute la série des accidents domestiques causés par la basse tension. Mentionnons ici que dans tous les pays aussi les accidents mortels de cette catégorie s'élèvent depuis des années à un chiffre assez important. M. Zimmern relate que la basse tension jouit encore d'une considération injustifiée d'innocuité. Il semble que même les autorités sont persuadées de cette prétendue innocuité, puisque dans un acte français officiel du 30 avril 1927 il est dit que dans les installations d'une tension contre la terre égale ou inférieure à 250 V les accidents se produisent le plus rarement. M. Zimmern exige pour la France une surveillance beaucoup plus étendue des installations domestiques.

L'article touche d'une manière très intéressante aux facteurs physiques des accidents, notamment de la tension, de l'intensité du courant et de la résistance du corps. Il est intéressant de savoir que l'auteur arrive à une valeur dangereuse du courant de 0,025 A tandis qu'en général on admet une intensité plus grande jusqu'à 0,10 A comme valeur menaçant irréparablement le fonctionnement du cœur et des

¹) Bull. Soc. Française des Electriciens, 1931, No. 9.