

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 28 (1937)  
**Heft:** 25

**Artikel:** Considération sur les coupe-circuit haute tension à haut pouvoir de coupure  
**Autor:** Besson, René  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059898>

### **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:** 03.04.2025

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

Darin bedeuten:

- $Z_w$  Wellenwiderstand des Fahrdrahtes gegen Erde in Ohm.
- $h$  Höhe des Fahrdrahtes über Erdboden in cm.
- $r$  Fahrdrahtradius in cm.

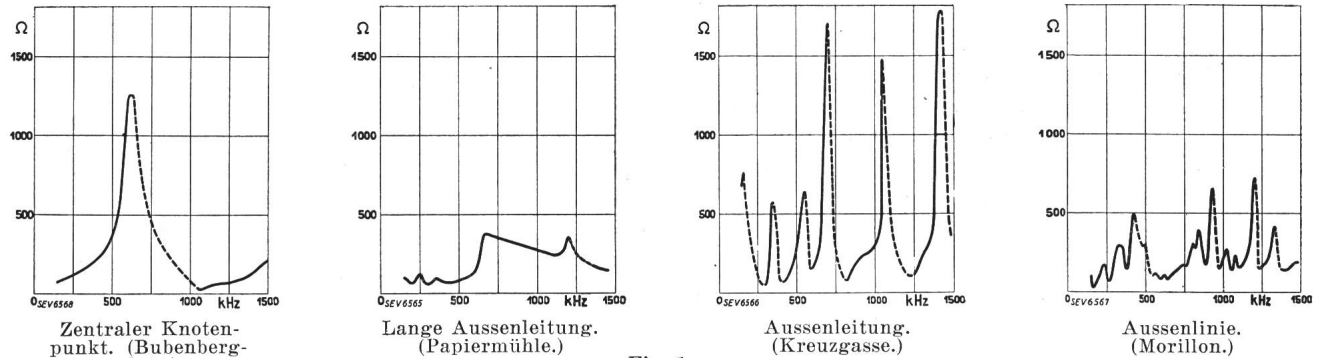


Fig. 1. Messkurven der Fahrdrahtimpedanz. — ohmisch-induktive Werte. - - - - ohmisch-kapazitive Werte.

Ein normaler Fahrdraht von 0,5 cm Radius, in 580 cm mittlerer Höhe, hat demnach einen Wellenwiderstand von 464 Ohm.

Erstreckt sich die Fahrleitung vom Aufpunkt nach beiden Richtungen, so sind die Wellenwiderstände der beiden Richtungen parallel geschaltet.

Infolge zahlreicher Reflexionsstellen im Fahrleitungsnetz tritt der Wellenwiderstand praktisch jedoch nicht in Erscheinung. Solche Reflexionsstellen sind: Fahrdrahtverzweigungen, Speisepunkte, Fahrleitungsenden, Streckentrenner, Parallelschaltungen, Profiländerungen, Unterführungen und die Triebfahrzeuge der Strassenbahn.

Fig. 1 zeigt nun die Resultate statistischer Impedanzmessungen im Fahrleitungsnetz der Berner Strassenbahnen. Die Messungen wurden durchgeführt an einem zentralen Knotenpunkt des gesam-

ten Netzes und an drei Aussenlinien. Im Messbereich von 150 bis 1500 kHz liegen bereits ein bis mehrere Resonanzstellen. Dabei sind sowohl die Absolutwerte der Impedanzen, als auch die ohmisch-induktiven und ohmisch-kapazitiven Werte, im

Mittel der gesamten Statistik ziemlich gleichmässig über den gemessenen Frequenzbereich verteilt.

In Fig. 2 sind die Impedanzwerte der Fig. 1 zusammengefasst. Im Frequenzbereich von 150 bis

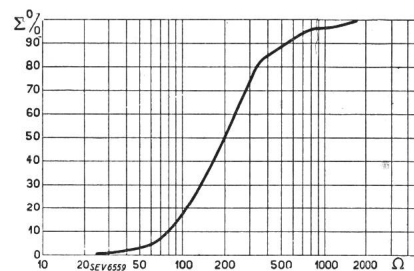


Fig. 2. Häufigkeitssummenkurve der Fahrdrahtimpedanzwerte im Frequenzbereich von 150 bis 1500 kHz.

1500 kHz streut also die Fahrdrahtimpedanz in den Grenzen von 25 bis 1800 Ohm; 50 % aller Werte liegen über bzw. unter 200 Ohm.

## Considération sur les coupe-circuit haute tension à haut pouvoir de coupure.

Par René Besson, Genève.

621.316.923.2

L'auteur retrace brièvement l'évolution du coupe-circuit à fusible dont il rappelle les qualités fondamentales de simplicité et de constance dans le fonctionnement, puis il considère les cartouches fusibles modernes dites «à haut pouvoir de coupure». La notion du pouvoir de coupure d'une cartouche fusible est encore mal déterminée: est-ce la plus forte intensité de fusion admissible dans cette cartouche, valeur représentative du travail interne développé par la coupure du courant de court-circuit considéré si le fusible n'y était pas intercalé? L'auteur indique que cette notion devra être précisée par l'ASE en même temps que sera établie une méthode d'investigation permettant de déterminer le pouvoir de coupure réel d'une cartouche sous les diverses surintensités qui peuvent pratiquement la solliciter. Ayant ainsi exposé les données d'un problème qui reste à résoudre, l'auteur décrit ensuite dans tous ses détails constructifs un coupe-circuit à cartouche fusible pour hautes tensions auquel de récents essais ont permis d'assigner un pouvoir de coupure de 100 000 kVA environ.

Der Autor skizziert kurz die Entwicklung der Schmelzsicherung, ihre Einfachheit und Regelmässigkeit und betrachtet hierauf die modernen, sogenannten «Hochleistungs-Schmelzsicherungen». Der Begriff der Abschaltleistung einer solchen Schmelzsicherung ist noch unklar definiert; entspricht sie dem maximal zulässigen Schmelzstrom in dieser Patrone, d. h. der inneren Leistung, welche durch die Unterbrechung des Kurzschlußstromes aufgenommen werden kann, oder entspricht sie dem Ueberstrom, der erreicht würde, wenn die Schmelzpatrone nicht in den betrachteten Stromkreis eingeschaltet wäre? Der Autor regt an, diesen Begriff durch den SEV genau definieren zu lassen und gleichzeitig eine Methode aufzustellen, welche erlaubt, die wirkliche Abschaltleistung einer Patrone bei den verschiedenen Ueberströmen, denen sie praktisch ausgesetzt werden kann, zu bestimmen. Nach Stellung dieses noch zu lösenden Problems wird eine Hochleistungssicherung für Hochspannung in allen ihren konstruktiven Einzelheiten beschrieben, eine Sicherung, die sich bei kürzlich ausgeführten Versuchen über eine Abschaltleistung von ungefähr 100 000 kVA ausgewiesen hat.

Le coupe-circuit avec élément fusible est le plus ancien de tous les appareils utilisés pour parer aux conséquences des surintensités électriques et il a la

réputation d'être aussi le plus simple et le plus sûr, de par l'absence de tout mécanisme et la constance de l'effet joule sur lequel son fonctionnement est basé.

Mais l'augmentation très considérable des puissances entrant en jeu lors d'un court-circuit dans une installation moderne a passablement modifié cela. L'appareil lui-même a cessé d'être une simple protection entourant un fil fusible tendu à l'air libre pour devenir un appareil plus complexe dont la sécurité de fonctionnement est, non plus une grâce innée mais l'apanage d'une construction judicieuse et d'un assemblage soigné.

La disposition la plus généralement adoptée par les constructeurs, tant pour les hautes que pour les basses tensions, est le coupe-circuit dit «à cartouche», dans lequel le fil fusible se trouve noyé dans un milieu inerte dont le but est de refroidir et d'étouffer l'arc allumé par la volatilisation du métal fusible. Ce milieu inerte est lui-même contenu dans un corps isolant généralement en céramique qui porte les pièces de contact et de fixation. Cette disposition présente d'appréciables avantages qui sont: élément fusible robuste, maniable, aisément remplaçable, mais la sécurité de fonctionnement d'un tel fusible appelle les commentaires suivants:

Les expérimentateurs de ce genre d'appareils ont remarqué dès longtemps le caractère «extrémiste» des cartouches fusibles dont le fonctionnement, parfait tant que la cartouche réussit à contenir et éteindre rapidement l'arc ou les arcs internes de fusion, devient désastreux dès que ces arcs peuvent durer plus d'un quart de période, provoquant la rupture du corps isolant qui explose comme une grenade et amorçant des arcs à l'air libre avec toutes les conséquences propres à ce genre d'accidents.

Le coupe-circuit à cartouche fusible ne sera donc le sûr moyen de protection d'une ligne contre les surintensités que si l'on prend soin d'adapter les possibilités de la cartouche aux caractéristiques du circuit envisagé. En d'autres termes, nous dirons que le pouvoir de coupure de la cartouche choisie devra être au moins égal et si possible supérieur à la puissance de court-circuit maximum pouvant survenir dans la ligne à protéger. Ceci sous-entend que les deux valeurs doivent être connues sinon exactement, du moins dans leurs ordres de grandeur. Or, le pouvoir de coupure d'une cartouche est une notion complexe et encore insuffisamment déterminée. Considérons par exemple l'enregistrement oscillographique des phénomènes engendrés par la fusion d'une cartouche sous un court-circuit. Par quelle grandeur faut-il concrétiser le pouvoir de coupure?

La plupart des constructeurs se bornent à indiquer la valeur instantanée atteinte par la courbe d'intensité ou, ce qui revient au même, le produit de cette intensité par la tension de rétablissement, exprimé en MVA. Ces valeurs sont représentatives du travail accompli par la cartouche et, dans une certaine mesure, des sollicitations thermiques et mécaniques auxquelles cette cartouche a résisté, mais ces valeurs elles-mêmes dépendent non seulement des caractéristiques propres au circuit considéré mais encore, et dans une large mesure, du fusible lui-même qui n'est pas autre chose qu'une résistance introduite en série dans le court-circuit et dont

l'arc de fusion sera très différent selon le calibre de ce fusible. C'est ainsi qu'une cartouche calibrée pour une intensité de service petite relativement à l'intensité nominale du modèle — c'est-à-dire relativement aux dimensions constructives du coupe-circuit — fonctionne comme un véritable limiteur de court-circuit et peut de ce fait couper des puissances considérables au prix d'un travail interne très faible, donc dans des conditions parfaites de sécurité. Pour de telles cartouches, l'indication de l'intensité coupée ne serait pas du tout représentative du pouvoir de coupure qui, dans certains cas, se trouve être pratiquement illimité.

D'autre part, tous les constructeurs de fusibles savent que le court-circuit franc n'est pas la plus dure épreuve pour une cartouche et ceci pour les raisons mêmes indiquées ci-dessus. L'action limitatrice de court-circuit du fusible est en effet d'autant plus accentuée que la puissance en jeu est considérable. Cette action décroît avec la valeur de cette puissance de sorte que le travail développé dans la cartouche et les sollicitations thermiques et mécaniques auxquelles cette dernière est soumise sont optima pour des surintensités relativement limitées (par exemple la surintensité correspondant à environ 20 fois l'intensité de calibrage du fusible). Naturellement, la valeur de la surintensité la plus «méchante» dépend de la construction de la cartouche et peut varier d'un modèle à l'autre dans d'assez grandes proportions.

Tout ceci montre que, comme nous le disions plus haut, le pouvoir de coupure réel d'une cartouche fusible est assez mal déterminé par le simple énoncé d'un nombre de MVA. Il serait désirable que soit instituée une méthode d'investigation bien déterminée imposant un cycle d'essais assez complets pour donner une indication vraie des qualités d'un type de cartouche examiné. Remarquons que, pour les coupe-circuit destinés aux installations intérieures, une telle méthode existe qui impose aux fusibles de cette catégorie des essais de surcharge et des essais de court-circuit judicieusement répartis sur l'échelle des surintensités possibles. Pour les coupe-circuit à haut pouvoir de coupure, de tels essais exigent des installations très spéciales dont nos institutions officielles n'ont malheureusement pas encore la disposition. C'est sans doute la raison pour laquelle cet important problème n'a pas encore reçu de solution officielle de sorte que les exploitants doivent se contenter dans ce domaine des données plus ou moins complètes et objectives des constructeurs.

Considérant l'état de cette question, nous pensons intéresser l'exploitant en décrivant un type de coupe-circuit à cartouche pour hautes tensions de construction récente et dont les limites de fonctionnement ont été dûment déterminées au cours d'essais récemment effectués dans le laboratoire à grande puissance qu'une de nos plus importantes firmes suisses a bien voulu mettre aimablement à la disposition du constructeur.

L'élément essentiel de ce coupe-circuit: la cartouche fusible, comporte un corps tubulaire en cé-

ramique émaillée fermé aux deux extrémités par des calottes métalliques scellées par un procédé spécial et dont le fond est découpé en forme d'étoile à pointes arrondies. Une garniture en tissu incombustible protège l'intérieur du tube céramique.

Le support du fusible proprement dit est un mince tube de céramique de même longueur que le corps de la cartouche et portant à chaque extrémité

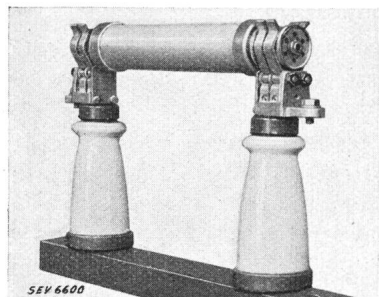


Fig. 1.  
Coupe-circuit à haut pouvoir de coupure pour 16 kV, 50 A, sur 2 isolateurs supports, pour montage intérieur. Contacts fixes à double pince massive avec ressorts de pression internes.

un tube métallique scellé avec embase à 6 pans. Sur le tube céramique sont enfilés de petits manchons en céramique qui peuvent s'emboîter les uns dans les autres et qui portent 6 bras disposés en étoile dont le contour correspond au découpage du fond des calottes. Ces manchons sont assemblés et scellés sur le tube, vers les extrémités de celui-ci. Le nombre de ces manchons dépend de la tension nominale de la cartouche et de l'intensité pour laquelle le fusible est établi.

Les fils fusibles dont la nature et les dimensions sont le résultat de tâtonnements délicats, sont tendus entre les 2 embases à 6 pans sur lesquelles ils sont fixés selon une disposition particulière tendant à accroître la section de leurs extrémités. Ces fils sont disposés parallèlement les uns aux autres et hélicoïdalement autour du tube céramique. Ils sont rigidement soutenus dans l'espace par les branches des étoiles en céramique mais ils se rapprochent par contre et se réunissent tout contre le tube au centre de celui-ci où ils se trouvent fixés par une

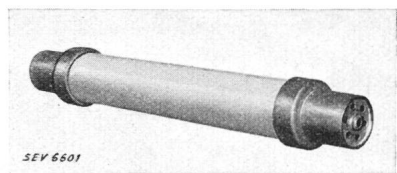


Fig. 2.  
Cartouche fusible à haut pouvoir de coupure pour 19 à 25 kV, 25 A. En bout, les chambres d'expansion formant contact cylindrique, les orifices d'expansion, et, au centre, l'indicateur de fusion (rouge).

ceinture incombustible. La disposition hélicoïdale de ces fils a pour but d'accroître au maximum leur longueur utile dans la dimension donnée du corps isolant et leur rapprochement central crée un point d'échauffement maximum déterminant l'endroit de la première fusion.

Le fusible ainsi constitué est introduit dans la cartouche proprement dite et fixé par l'intermédiaire de 2 raccords à serrage concentrique qui serrent les tubes métalliques terminant le fusible

sans exercer ni traction ni compression sur cet ensemble délicat. La cartouche est ensuite remplie d'une matière pulvérulente spéciale inerte et isolante qui constitue le milieu dans lequel s'allument les arcs de fusion. Cette poudre dont les caractéristiques chimiques, physiques et thermiques ont été minutieusement déterminées, vient entourer très exactement chaque fil fusible qui se trouve ainsi

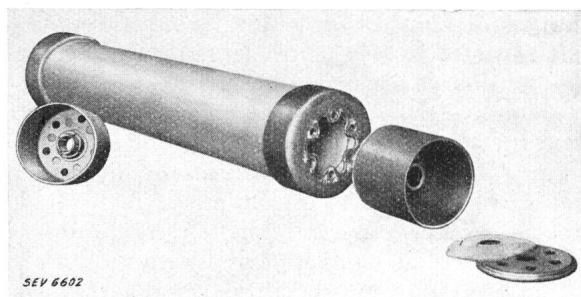


Fig. 3.  
Cartouche à haut pouvoir de coupure démontée. On voit l'étoile de fixation de la chambre d'expansion, cette dernière, son couvercle et le treillis de protection.

convenablement isolé de tous ses voisins sauf dans la partie médiane de la cartouche où l'échauffement doit être concentré.

La cartouche reçoit ensuite des chambres d'expansion qui sont des boîtes cylindriques fixées par 6 vis aux calottes scellées sur le corps. Le fond de ces boîtes est perforé de trous obturés par une mince paroi incombustible susceptible d'être crevée. Les boîtes elles-mêmes sont remplies de gravier lavé et séché et fermées par un couvercle également perforé et intérieurement muni d'un treillis métallique. Outre leur fonction de chambre d'expansion des gaz éventuellement projetés par la cartouche, ces boîtes servent de pièces de contact et de fixation de cette cartouche au coupe-circuit. Ce dernier porte à cet effet des pinces de contact à branches mobiles sollicitées par des ressort de pres-

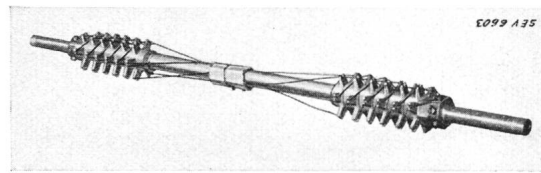


Fig. 4.  
Le fusible d'une cartouche à haut pouvoir de coupure 25 kV, 25 A. On remarque le montage hélicoïdal des fils fusibles sur les supports en étoile et l'indicateur de fusion disposé dans le canal axial de l'ensemble.

sion en fil d'acier logés dans le plot de support des dites pinces. Ce dispositif de contact présente de notables avantages sur les contacts à couteau, notamment: grande facilité d'enclenchement de la cartouche qui n'a pas besoin d'être orientée par le fait de la forme circulaire des manchons, excellente retenue de la cartouche que ni les trépidations les plus violentes ni les efforts électrodynamiques du court-circuit ne peuvent arracher à son socle, longue durée du ressort de pression qui est

à l'abri de tout échauffement par le courant, robustesse des pinces de contact massives et facilement remplaçables.

L'indicateur de fusion de cette cartouche mérite aussi une mention spéciale: le support des fils fusibles c'est-à-dire le tube céramique prolongé de ses 2 tubes métalliques constitue lui-même un corps tubulaire, légèrement plus long que la cartouche tout entière et isolant sur la plus grande partie de sa longueur. Dans ce tube se trouve un fil fin de métal résistant noyé dans une poudre inerte et retenant à ses extrémités 2 pastilles métalliques colorées en rouge qui sont visibles aux 2 extrémités de la cartouche assemblée et dans son axe. Ces 2 pastilles sont sollicitées par 2 ressorts à boudin qui tendent à les éjecter de leurs alvéoles.

Lors du fonctionnement de la cartouche et immédiatement à la suite de la fusion des fils principaux, le fil central fond dans son propre canal isolant et les 2 pastilles rouges se trouvent projetées hors de la cartouche sans que nulle communication intempestive n'ait été ouverte entre l'intérieur de la cartouche — siège des violents arcs de fusion — et l'extérieur.

Des cartouches de ce type ont été, comme déjà dit, soumises à des essais de fusion sous court-cir-

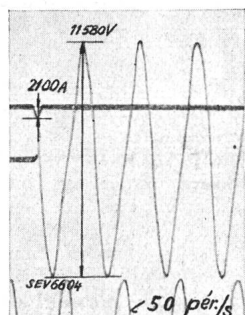


Fig. 5.

Enregistrement oscillographique d'un court-circuit de 10 000 A (valeur efficace) sous 12 000 V, coupé par une cartouche à haut pouvoir de coupure de 19 kV calibrée pour 25 A (intensité momentanée de 25 000 A mesurée à l'étalonnage limitée à 2100 A par l'impédance propre et la rapidité de fonctionnement du fusible).

cuit destinés à déterminer leur pouvoir de coupure. Ces essais ont donné les résultats suivants:

Des cartouches dimensionnées pour 19 kV, 25 A, et pour 11 kV, 10 A, ont coupé avec succès des courts-circuits de valeur efficace de 5550 A sous 12 500 V, 50 p.p.s., l'étalonnage préalable du circuit ayant déterminé une amplitude maximum instantanée de 11 900 A.

Des cartouches de 19 kV, 25 A, et 11 kV, 6 A, ont coupé ensuite dans de bonnes conditions des courts-circuits de valeur efficace de 10 000 A sous la même tension, l'amplitude instantanée mesurée à l'étalonnage étant de plus de 25 000 A.

Enfin, la cartouche 6400 V, 25 A, a coupé, toujours correctement, un court-circuit de valeur efficace de 30 000 A sous une tension de 3200 V, 50 p.p.s., avec amplitude instantanée de 62 000 A mesurée à l'étalonnage.

Ces résultats permettent d'assigner à ces cartouches un pouvoir de coupure minimum de 100 000 kVA sous réserve qu'on limite dans chaque gran-

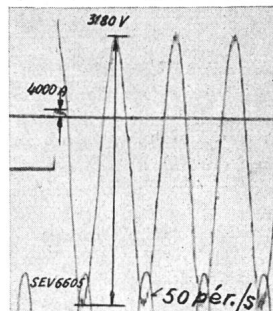


Fig. 6.

Enregistrement oscillographique d'un court-circuit de 30 000 A (valeur efficace) sous 3200 V, coupé par une cartouche calibrée pour 25 A (intensité instantanée de 62 000 A mesurée lors de l'étalonnage et limitée à 4000 A par le fusible).

deur de cartouches les intensités maxima de calibrage. L'accroissement de ces dernières a pour conséquence une diminution de ce pouvoir de coupure qui reste toutefois assez élevé pour permettre à ces cartouches de fonctionner en toute sécurité dans la plupart des installations où leur emploi peut être envisagé et ceci pour tous les calibrages jusqu'à 25 et même 35 et 50 A. Il y a en effet lieu de remarquer que, après avoir longtemps méconnu et sans doute sous-estimé la puissance de court-circuit de leurs installations, les exploitants ont aujourd'hui tendance à exagérer fortement cette caractéristique déterminée le plus souvent par des calculs approximatifs qui négligent par trop les facteurs amortisseurs, notamment la véritable impédance des lignes au cours d'un phénomène très rapide dont la durée totale est inférieure au quart de période et la résistance non négligeable inévitablement introduite par le fusible lui-même dans le court-circuit le plus franc.

En pratique, les coupe-circuit à cartouche constituent un grand progrès sur les coupe-circuit ouverts dont ils ont multiplié par 10 au moins le pouvoir de coupure mais ils n'en restent pas moins des appareils délicats dont la construction doit être fondée sur une expérimentation scrupuleuse et dont l'assemblage doit rester l'apanage du spécialiste. Disons pour terminer que le coupe-circuit soi-disant «rechargeable» par les soins du client est une erreur et un non-sens et qu'un tel coupe-circuit ne saurait se prétendre un appareil de sécurité.

## Hochfrequenztechnik und Radiowesen — Haute fréquence et radiocommunications

### Hochfrequente Radiostörungen durch Drehstrom-Gleichstrom-Bahn-Mutatoren.

und

#### Messungen

#### der hochfrequenten Fahrdratimpedanz von Strassenbahnen.

Von W. Gerber und H. Kölliker, Bern.

(Siehe Seite 654 und 655.)

### Akustische Messungen in schweizerischen Konzertsälen.

534.84

Die Uebertragungen aus den grossen Konzertsälen bilden heute einen wesentlichen Teil unserer Rundspruchprogramme. Es handelt sich dabei immer um hochwertige Darbietungen, so dass es wichtig ist, sich über die Eignung dieser Säle vom Übertragungstechnischen Standpunkt aus ein klares Bild zu machen. Nebenbei kann erwartet werden, dass die durchgeführten Messungen auch raumakustisch interessante Ergeb-